

# **UNIVERSIDAD DE CUENCA**



**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transportes (Segunda Cohorte)**

**"Diseño de la vía periurbana Las Cuadras - Capillapamba, para el cantón Chordeleg"**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Vialidad y Transportes**

**Autores:**

**Patricio Florencio Castillo Villavicencio**

**C.I. 0301534475**

**Danny Javier Montenegro Reinoso**

**C.I. 0102897956**

**Director:**

**Ing. Daniel Estuardo Mogrovejo Carrasco. Msc Ph.D.**

**C.I. 0301500476**

**Cuenca – Ecuador**

**15 octubre 2018**



## RESUMEN

Esta arteria vial interprovincial, une varios cantones del Azuay con la provincia de Morona Santiago, por lo que existe transporte de personas, productos agrícolas, pecuarios, artesanías y además es de suma importancia el turismo que cada día se desarrolla más en los lugares señalados, con lo que se facilita el acceso y desarrollo para las poblaciones asentadas a sus márgenes.

El desarrollo urbano del cantón Chordeleg está restringido actualmente ya que el paso lateral en uso imposibilita ampliar la ciudad por encontrarse muy cerca del centro urbano además de tener un diseño geométrico que representa un peligro latente tanto para personas como vehículos que transitan por la misma.

En el proyecto de tesis que se propone se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en cada una de las asignaturas cursadas en la maestría de vialidad y transporte en estricta coordinación con los beneficiarios y moradores donde se pretende emplazar el proyecto luego de realizar el estudio topográfico, seguido del estudio de suelos, Diseño geométrico tanto horizontal como vertical, diseño hidrológico e hidráulico de alcantarillas y cunetas, diseño de pavimentos asfálticos para la calzada de rodadura, análisis de movimientos de tierras, estudio de costos, entregando al cantón es el proyecto de titulación final el cual contendrá entre otros productos: los planos y memorias técnicas para el financiamiento, contratación, ejecución del proyecto, etc.

**Palabras Claves:** Diseño geométrico. Vialidad. Pavimentos. Tráfico. Alcantarillas. Paso lateral.



## ABSTRACT

This interprovincial road artery joins several cantons of Azuay with the province of Morona Santiago, so there is transportation of people, agricultural products, livestock, handicrafts and, in addition, the tourism that takes place more and more in the designated places is of utmost importance, with what is facilitated the access and development for the settled populations to their margins.

The urban development of the canton Chordeleg is currently restricted since the lateral passage in use makes it impossible to extend the city because it is very close to the urban center, as well as having a geometric design that represents a latent danger for both people and vehicles that pass through it.

The proposed thesis is intended to apply the knowledge acquired in each of the subjects studied in the master's degree in roads and transportation in strict coordination with the beneficiaries and residents where the project is to be emplaced after carrying out the topographic study, followed of the study of soils, geometric design both horizontally and vertically, hydrological and hydraulic design of culverts and ditches, design of asphalt pavements for the road surface, analysis of earthworks, study of costs, delivering to the canton is the final titling project which will contain among other products: plans and technical memories for financing, contracting, project execution, etc.

**Keywords:** Geometric design. Roads. Pavement. Traffic. Culverts. Side step.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	18
DEDICATORIA .....	19
DEDICATORIA .....	19
1. INTRODUCCIÓN .....	20
1.1 ANTECEDENTES.....	20
1.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	20
1.1.2 LÍMITES .....	20
1.1.3 POBLACIÓN; TASAS DE CRECIMIENTO .....	21
1.1.4 USO DEL SUELO .....	22
1.1.5 USO Y COBERTURA DE SUELO .....	22
1.1.6 CLIMA DE LA ZONA .....	22
1.1.6.1 CLIMA ECUATORIAL DE ALTA MONTAÑA.....	22
1.1.6.2 CLIMA ECUATORIAL MESO TÉRMICO SEMI-HÚMEDO	23
1.1.6.3 TEMPERATURA .....	23
1.1.7 GEOMORFOLOGÍA.....	24
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	24
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	24
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	24
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO .....	25
2. ANÁLISIS DEL TRAMO DE VÍA INGRESO SENTIDO GUALACEO A CHORDELEG COMO JUSTIFICACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA VÍA ALTERNA PERIURBANA.....	26
2.1 TOPOGRAFÍA ACTUAL .....	26
2.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL .....	27
2.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL .....	32
2.4 RESUMEN DE LOS RESULTADOS .....	32
3. ELECCIÓN DE RUTA.....	34
3.1.1 FASE PRE PRELIMINAR .....	34



3.1.2 FASE DE PRE FACTIBILIDAD .....	34
3.1.3 FASE DE FACTIBILIDAD.....	35
3.1.4 DISEÑO PRELIMINAR Y DEFINITIVO .....	35
3.2 PRE FACTIBILIDAD DEL TRAZADO DE LAS RUTAS .....	36
3.2.1 VÍA EXPRESS PROPUESTA POR LA MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG, Y ANÁLISIS (RUTA 1).....	37
3.2.2 VÍA OPTIMIZANDO LOS CAMINOS EXISTENTES, Y ANÁLISIS (RUTA 2) .....	38
3.2.3 VÍA PROPUESTA POR MAESTRANTES, Y ANÁLISIS (RUTA 3) .....	38
3.2.4 SEGUNDA VÍA PROPUESTA POR MAESTRANTES, Y ANÁLISIS (RUTA 4).....	39
3.3 FACTIBILIDAD DEL TRAZADO DE RUTAS .....	40
3.3.1 MÉTODO DE BRUCE.....	41
3.3.2 PRESUPUESTOS DE LAS RUTAS .....	44
3.3.3 CUADRO COMPARATIVO .....	46
4. MARCO TEÓRICO.....	47
4.1 DISEÑO GEOMÉTRICO .....	47
4.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL .....	49
4.1.1.1 FACTOR MÁXIMO DE FRICCIÓN LATERAL Y TASA DE SOBREELEVACIÓN O PERALTE .....	50
4.1.1.2 RADIOS MÍNIMOS Y SUS CORRESPONDIENTES GRADOS MÁXIMOS DE CURVA .....	51
4.1.1.3 CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN.....	52
4.1.1.4 SOBRE ANCHOS EN CURVAS.....	54
4.1.1.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.....	55
4.1.1.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	59
4.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL .....	61
4.1.2.1 CURVAS VERTICALES .....	61
4.1.2.2 PENDIENTES .....	63
4.2 ESTUDIO TRÁFICO.....	64
4.2.1 CONTEOS VEHICULARES .....	64



4.2.2 CÁLCULO DE TRÁFICO ATRAÍDO .....	64
4.2.3 CÁLCULO DE TPDA .....	65
4.2.4 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO .....	66
4.2.5 SELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE LA VÍA .....	66
4.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	67
4.3.1 MÉTODOS PARA CALCULAR UNA CRECIDA DE DISEÑO ..	67
4.3.1.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS .....	68
4.3.1.2 MÉTODOS REGIONALES .....	68
4.3.1.3 CALCULO DE CUNETAS .....	73
4.3.1.4 ALCANTARILLAS.....	75
4.3.1.5 CUNETAS DE CORONACIÓN .....	76
4.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	77
4.4.1 TOMA DE MUESTRAS IN SITU .....	77
4.4.2 FACTOR DE SEGURIDAD. ....	78
4.4.3 TALUDES INFINITOS SIN INFILTRACIÓN .....	78
4.4.4 TALUDES FINITOS CON SUPERFICIE DE FALLA CIRCULAR. .....	79
4.4.5 MÉTODO DE LAS DOVELAS (MÉTODO ORDINARIO).....	79
4.4.6 FACTOR DE SEGURIDAD .....	80
4.4.7 MÉTODO SIMPLIFICADO DE BISHOP .....	81
4.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	81
4.5.1 TIPOS DE PAVIMENTOS.....	81
4.5.2 TERRAPLÉN Y SUBRASANTE .....	82
4.5.3 BASE Y SUB-BASE .....	82
4.5.4 CARPETA ASFÁLTICA.....	82
4.5.4.1 ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DEL MATERIAL .....	83
4.6 SEÑALIZACIÓN VIAL.....	84
4.6.1 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL.....	84
4.6.1.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	87
5. METODOLOGÍA .....	88
5.1 TRABAJO DE CAMPO .....	88



5.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO .....	88
5.1.1.1 INSPECCIONES EN CAMPO .....	88
5.1.1.2 RECORRIDOS PREVIOS .....	88
5.1.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	89
5.1.2 ESTUDIO DE TRANSITO .....	92
5.1.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	92
5.1.3.1 INSPECCIONES EN CAMPO .....	92
5.1.3.2 TOPOGRAFÍA A DETALLE DE CUERPOS HÍDRICOS...	95
5.1.3.3 INFORMACIÓN RECOPIADA EN CAMPO.....	96
5.1.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	98
5.1.4.1 INSPECCIONES EN CAMPO .....	98
5.1.4.2 TOMA DE MUESTRAS IN SITU .....	98
5.2 TRABAJO DE GABINETE .....	99
5.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO .....	99
5.2.1.1 CARTA TOPOGRÁFICA .....	99
5.2.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL .....	99
5.2.1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL .....	100
5.2.2 ESTUDIO DE TRANSITO.....	100
5.2.2.1 CONTEOS VEHICULARES .....	100
5.2.2.2 CALCULO DE TRÁFICOATRAÍDO .....	103
5.2.2.3 CALCULO DE TPDA .....	103
5.2.2.4 PROYECCIÓN A 20 AÑOS .....	104
5.2.2.5 SELECCIÓNÓN DE LA SECCIÓN DE LA VÍA .....	105
5.2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	105
5.2.3.1 CARTA TOPOGRÁFICA DE CUERPOS HÍDRICOS .....	105
5.2.3.2 OBRAS DE ARTE MENOR .....	106
CUNETAS .....	106
ALCANTARILLADO .....	110
5.2.3.3 OBRAS DE ARTE MAYOR .....	115
5.2.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	115
5.2.4.1 ESTABILIDAD DE TALUDES.....	116



5.2.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	119
5.2.5.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE 1ER MÉTODO, MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO .....	124
5.2.5.2 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE 2 DO MÉTODO, MÉTODO DE LA AASHTO .....	126
6. RESULTADOS .....	129
6.1 DISEÑO GEOMÉTRICO .....	129
6.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL .....	129
6.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL .....	130
6.1.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	130
6.2 ESTUDIO DE TRANSITO.....	131
6.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	131
6.3.1 RESULTADOS DE DISEÑO PARA LAS CUNETAS .....	131
6.3.2 RESULTADOS DE DISEÑO PARA LAS ALCANTARILLAS 135	
6.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	137
6.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	137
6.6 SEÑALIZACIÓN VIAL.....	138
7. VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	139
7.1 VOLÚMENES DE OBRA.....	139
7.1.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES.....	139
7.1.3 CUNETAS Y BORDILLOS .....	142
7.1.4 MUROS .....	143
7.1.5 DRENAJE .....	146
7.1.6 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	148
7.1.7 SEGURIDAD VIAL .....	149
7.2 PRESUPUESTO .....	152
8. CONCLUSIONES .....	155
9. RECOMENDACIONES .....	157
BIBLIOGRAFÍA .....	158
ANEXOS .....	160



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Delimitación del proyecto.....</i>	21
<i>Figura 2: Adaptado Topografía y trazado horizontal ingreso al Cantón Chordeleg. .....</i>	27
<i>Figura 3: Curva conflictiva en acceso actual a Chordeleg. ....</i>	31
<i>Figura 4: Vehículos en espera. ....</i>	32
<i>Figura 5: Flujo grama de actividades del proyecto. ....</i>	35
<i>Figura 6: Adaptado Equipamiento de infraestructura. ....</i>	36
<i>Figura 7: Adaptado Ruta 1. ....</i>	37
<i>Figura 8: Adaptado Ruta 2. ....</i>	38
<i>Figura 9: Adaptado Ruta 3. ....</i>	39
<i>Figura 10: Adaptado Ruta 4 ....</i>	40
<i>Figura 11: Curva simple. ....</i>	49
<i>Figura 12: Componentes de la curva circular y espirales. ....</i>	53
<i>Figura 13: Distancia de parada. ....</i>	56
<i>Figura 14: Etapas de la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles. .....</i>	59
<i>Figura 15: Curva vertical simétrica. ....</i>	62
<i>Figura 16: Curva vertical asimétrica. ....</i>	62
<i>Figura 17: Zonas características. ....</i>	70
<i>Figura 18: Periodos de retorno. ....</i>	73
<i>Figura 19: Método de las dovelas. ....</i>	80
<i>Figura 20: Doble línea continua, con ejemplo de tachas a 12.00m. ....</i>	85
<i>Figura 21: Líneas logarítmicas a velocidades mayores a 50Km/h. ....</i>	85
<i>Figura 22: Zonas de no rebasar en curva vertical.(NEVI, 2012) ....</i>	86
<i>Figura 23: Fotografía del Sector donde es obligado un puente. ....</i>	88
<i>Figura 24: Fotografía del Sector donde existen viviendas. ....</i>	89
<i>Figura 25: Georeferenciación con equipo R8. ....</i>	89
<i>Figura 26: Puntos referenciados de proyecto. ....</i>	90
<i>Figura 27: Puntos referenciados de proyecto. ....</i>	90
<i>Figura 28: Fotografías de toma de datos. ....</i>	91



<i>Figura 29: Q1= Abscisa 0+769,50.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 30: Q2= Abscisa 2+742,00.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 31: Q3= Abscisa 3+740,00.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 32: Fotografía de alcantarillas existentes. ....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 33: Alcantarillas sin obras de arte. ....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 34: Perfil de Quebrada 1 .....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 35: Perfil de Quebrada 2 .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 36: Alcantarilla 1. ....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 37: Alcantarilla 2. ....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 38: Adaptado Quebrada 1.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 39: Adaptado Quebrada 2.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 40: Adaptado Área de aportación de la quebrada 1. ....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 41: Adaptado Área de aportación de la quebrada 2. ....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 42: Perfil de talud en la abscisa 1+972.43.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 43: Perfil de talud en la abscisa 1+660.00.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 44: Calculo de la estabilidad del talud con Geoestudio 2012. ....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 45: Diseño de CBR.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 46: Modulo Resiliente. ....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 47 a: Estructura del pavimento.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 48 b: Estructura del pavimento.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 49: Curva de masas del proyecto.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 50: Sección de cuneta. ....</i>	<i>135</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Coordenadas de inicio y fin de proyecto (UTM 17).</i> .....	20
<b>Tabla 2:</b> <i>Usos del suelo del cantón Chordeleg</i> .....	22
<b>Tabla 3:</b> <i>Elementos de curvas en tramo acceso a Chordeleg.</i> .....	29
<b>Tabla 4:</b> <i>Longitudes mínimas de buses y vehículos livianos.</i> .....	31
<b>Tabla 5:</b> <i>Elementos de Curva Vertical.</i> .....	32
<b>Tabla 6:</b> <i>Factor k, método de Bruce.</i> .....	41
<b>Tabla 7:</b> <i>Método de Bruce de la Ruta 1.</i> .....	42
<b>Tabla 8:</b> <i>Método de Bruce de la Ruta 2.</i> .....	42
<b>Tabla 9:</b> <i>Método de Bruce de la Ruta Final.</i> .....	43
<b>Tabla 10:</b> <i>Método de Bruce de la Ruta Opcional.</i> .....	43
<b>Tabla 11:</b> <i>Presupuestos de las Rutas.</i> .....	45
<b>Tabla 12:</b> <i>Cuadro Comparativo.</i> .....	46
<b>Tabla 13:</b> <i>Valores de diseño recomendados.</i> .....	47
<b>Tabla 14:</b> <i>Tasa de sobreelevación.</i> .....	50
<b>Tabla 15:</b> <i>Radio mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.</i> .....	51
<b>Tabla 16:</b> <i>Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles, en metros.</i> .....	54
<b>Tabla 17:</b> <i>Distancias de visibilidad de parada y de decisión terreno plano.</i> .....	57
<b>Tabla 18:</b> <i>Distancias de visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.</i> .....	58
<b>Tabla 19:</b> <i>Decisión para evitar maniobras.</i> .....	58
<b>Tabla 20:</b> <i>Distancias de visibilidad de adelantamiento.</i> .....	60
<b>Tabla 21:</b> <i>Parámetros Básicos.</i> .....	61
<b>Tabla 22:</b> <i>Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.</i> ....	63
<b>Tabla 23:</b> <i>Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.</i> ....	63
<b>Tabla 24:</b> <i>Pendientes máximas en función del terreno.</i> .....	63
<b>Tabla 25:</b> <i>Anchos de la calzada.</i> .....	66
<b>Tabla 26:</b> <i>Gradiente transversal para espaldones.</i> .....	66
<b>Tabla 27:</b> <i>Clasificación de superficies de rodadura.</i> .....	67
<b>Tabla 28:</b> <i>Coeficiente de Escorrentía "C"</i> .....	69



<b>Tabla 29:</b> <i>Zonificación de Intensidades ecuaciones representativas.</i> .....	71
<b>Tabla 30:</b> <i>Periodos de diseño de obras de arte.</i> .....	72
<b>Tabla 31:</b> <i>Coeficiente de rugosidad "n" .....</i>	76
<b>Tabla 32:</b> <i>Ensayos recomendados para taludes.</i> .....	77
<b>Tabla 33:</b> <i>Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada.</i> .....	84
<b>Tabla 34:</b> <i>Línea de separación de circulación opuesta segmentada. ....</i>	84
<b>Tabla 35:</b> <i>Distancias de visibilidad.</i> .....	86
<b>Tabla 36:</b> <i>Distancia de rebasamiento mínimo. ....</i>	87
<b>Tabla 37:</b> <i>Referenciaión del proyecto .....</i>	90
<b>Tabla 38:</b> <i>Coordenadas de puntos referenciados. ....</i>	91
<b>Tabla 39:</b> <i>Velocidad, Espacio del caudal de alcantarilla 1. ....</i>	96
<b>Tabla 40:</b> <i>Velocidad, Espacio del caudal de alcantarilla 2. ....</i>	97
<b>Tabla 41:</b> <i>Parámetros de Diseño. ....</i>	99
<b>Tabla 42:</b> <i>Parámetros de Diseño. ....</i>	100
<b>Tabla 43:</b> <i>Resumen de conteo de ocho días y cálculo de TPDS .....</i>	102
<b>Tabla 44:</b> <i>Desviación estándar de la muestra s. ....</i>	103
<b>Tabla 45:</b> <i>Tasa de crecimiento de la provincia del Azuay. ....</i>	104
<b>Tabla 46:</b> <i>Proyección TPDA. ....</i>	104
<b>Tabla 47:</b> <i>Determinación de k y n de la ecuación de la intensidad. ....</i>	106
<b>Tabla 48:</b> <i>Caudal de alcantarillas. ....</i>	108
<b>Tabla 49:</b> <i>Caudal de la quebrada 1. ....</i>	112
<b>Tabla 50:</b> <i>Caudal de la quebrada 2. ....</i>	113
<b>Tabla 51:</b> <i>Datos de alcantarillas.</i> .....	114
<b>Tabla 52:</b> <i>Resultados de ensayo corte directo. ....</i>	115
<b>Tabla 53:</b> <i>Resultados ensayo peso específico. ....</i>	116
<b>Tabla 54:</b> <i>TPDA acumulado.</i> .....	119
<b>Tabla 55:</b> <i>Calculo de TPDA para 10 años. ....</i>	120
<b>Tabla 56:</b> <i>Calculo del factor Camión. ....</i>	121
<b>Tabla 57:</b> <i>Factor de distribución direccional. ....</i>	121
<b>Tabla 58:</b> <i>Factor FL. ....</i>	121



<b>Tabla 59:</b> <i>Caracterización de Vía.</i> .....	122
<b>Tabla 60:</b> <i>Calculo de ejes equivalentes.</i> .....	123
<b>Tabla 61:</b> <i>Percentiles según número de ejes de 8.2 toneladas</i> .....	124
<b>Tabla 62:</b> <i>Datos para número estructural.</i> .....	126
<b>Tabla 63:</b> <i>Resultados de espesores de capas.</i> .....	127
<b>Tabla 64:</b> <i>Datos de diseño geométrico horizontal de curvas del proyecto.</i> .....	129
<b>Tabla 65:</b> <i>Datos de diseño de curvas verticales del proyecto.</i> .....	130
<b>Tabla 66:</b> <i>Resumen de movimiento de tierras.</i> .....	130
<b>Tabla 67:</b> <i>Resultados de TPDA.</i> .....	131
<b>Tabla 68:</b> <i>Secciones de Cunetas.</i> .....	133
<b>Tabla 69:</b> <i>Resultados de cálculo de alcantarillas.</i> .....	136



Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Patricio Florencio Castillo Villavicencio, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño de la vía periurbana Las Cuadras - Capillapamba, para el cantón Chordeleg", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de octubre de 2018

Patricio Florencio Castillo Villavicencio

C.I: 0301534475



#### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Patricio Florencio Castillo Villavicencio, autor del trabajo de titulación "Diseño de la vía periurbana Las Cuadras - Capillapamba, para el cantón Chordeleg", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de octubre de 2018

Patricio Florencio Castillo Villavicencio

C.I: 0301534475



Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio  
Institucional

Danny Javier Montenegro Reinoso, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño de la vía periurbana Las Cuadras - Capillapamba, para el cantón Chordeleg", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de octubre de 2018

Danny Javier Montenegro Reinoso

C.I: 0102897956





#### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Danny Javier Montenegro Reinoso, autor del trabajo de titulación "Diseño de la vía periurbana Las Cuadras - Capillapamba, para el cantón Chordeleg", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de octubre de 2018

Danny Javier Montenegro Reinoso

C.I.: 0102897956



## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios por ser la guía de mis pasos.

Agradecimiento especial al Al Ing. Daniel Mogrovejo Carrasco. MSc Ph.D, por su valiosa guía durante la elaboración del presente trabajo de titulación.

A mi mamá Teresita, el agradecimiento eterno por el apoyo brindado día a día.

A mi papa Florencio, al estar constantemente con su apoyo y sabios consejos para guiarme durante la consecución de mis metas.

A mis hermanos y sobrinos por su cariño y apoyo incondicional.

A mi esposa Gabriela, por su apoyo y amor incondicional.

Ing. Patricio Castillo.

Al Ing. Daniel Mogrovejo Carrasco. MSc Ph.D., por su dedicación y ayuda en la realización de esta tesis, a los ingenieros lectores que nos ayudaron a mejorar este proyecto de titulación, y a todos los profesores de los distintos módulos, quienes me dieron las bases necesarias para poder realizar este trabajo.

A mi esposa, y madres que me apoyaron en cada momento en el transcurso de cada uno de los módulos y en la realización de la presente tesis.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a mi madre Leonor, que me exigía mi superación profesional, quién desde el cielo debe observar que le cumplí la promesa que le hice.

Ing. Danny Montenegro.



## DEDICATORIA

Dedicado a mi hijo Patricio José, la persona más especial de mi vida.

Ing. Patricio Castillo.

## DEDICATORIA

A Dios, como mi amigo fiel que me acompaña y guía en el camino de la vida, dándome la salud y fuerza necesaria para afrontar los problemas que se interponen día tras día.

A mis dos princesas, mis dos hijas Daniela y Emily que son la razón de mi vida, las que llenan mi vida de alegría y felicidad, por quienes me dedico día tras día en ser alguien mejor.

A mis dos madres Lucía y Fanny, que con paciencia y mucho cariño me criaron, cuidaron, mimaron y me enseñaron a valorar la vida y a luchar por lo que quiero, quienes han estado a mi lado en los momentos más alegres y más difíciles de mi vida.

Al apoyo incondicional que me brinda mi esposa, su ternura y paciencia que día tras día me han servido para concluir este trabajo.

A mis tres hermanas Alexandra, Patricia y María de los Ángeles, por las que trato de ser un ejemplo para ellas, para que cada día luchen por ser alguien mejor.

A mis tíos hermanos, Jorge, Hernán, Patricio, Edwin que los quiero como tíos y hermanos a la vez, por el apoyo y ánimo que me han brindado en mi vida.

A familiares y amigos que me han apoyado y han creído en mí.

Ing. Danny Montenegro R.



## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 ANTECEDENTES

##### 1.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

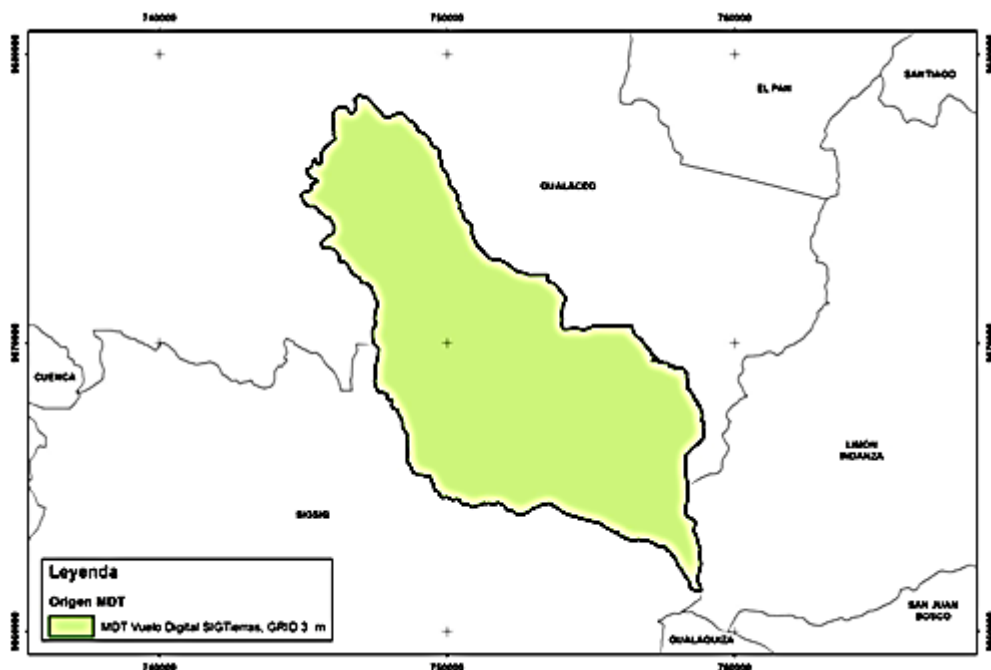
El Cantón Chordeleg, se halla localizado al sur este de la provincia del Azuay, se encuentra emplazado al margen derecho del río Santa Bárbara aproximadamente a 42 km de la ciudad de Cuenca. Posee una temperatura media de 16 grados. Se halla dentro de la cuenca del río Paute y sub cuenca del río Santa Bárbara. El proyecto vial se encuentra ubicado al Oeste del cantón, al margen derecho del río Santa Bárbara, las coordenadas de inicio y fin de proyecto son las que se presentan a continuación:

**Tabla 1:** *Coordenadas de inicio y fin de proyecto (UTM 17).*

INICIO			FIN		
ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA
747047,50	9678476,6	2245,00	745635,16	9675535,08	2288,003

##### 1.1.2 LÍMITES

Al norte con el cantón Gualaceo cabecera cantonal parroquia Remigio Crespo Toral; al sur con el río Burroplaya en toda su extensión; al este con la parroquia Remigio Crespo y Daniel Córdova y la Provincia de Morona Santiago; y, al oeste, con la parroquia Guel del cantón Sigsig y la parroquia San Juan del cantón Gualaceo.



*Figura 1: Delimitación del proyecto*

CTN

### 1.1.3 POBLACIÓN; TASAS DE CRECIMIENTO

Según el último Censo del 2010, el cantón Chordeleg cuenta con una población de 12.577 habitantes y una superficie de 104,7 km<sup>2</sup>, presentando una densidad poblacional de 120,12 hab/ km<sup>2</sup>. Esta medida es mayor a la nacional que es del 47,4 hab/ km<sup>2</sup> y expresa un alto nivel de dispersión de la población especialmente de los sectores rurales. En tanto que a nivel del centro cantonal la población está concentrada. La población del cantón Chordeleg representa el 1,76% del total de la provincia del Azuay ha crecido en el último período censal a un ritmo de un 1,04 por ciento promedio anual. Al analizar la población por áreas, vemos que la mayoría se ubica en el área rural del cantón con el 66,53% que representa a 8.368 habitantes. La distribución de la población dentro del cantón se ubica: en la cabecera cantonal está asentada el 33,47% de la población con 4.209 habitantes, en cuanto a la concentración de población por sectores en Chordeleg (urbano y rural) tiene 6.787 que representa el 53,96 % del total de la población cantonal. De este total la población asentada en los barrios periféricos es de 2.578 habitantes.

### 1.1.4 USO DEL SUELO

El cantón Chordeleg se ubica al Sur este de la Sierra Ecuatoriana, provincia del Azuay. En Chordeleg la altura va desde una altura mínima de 2.220 m.s.n.m en las playas de la Santa Bárbara hasta una altura máxima de 3.940 m.s.n.m en la zona más alta de páramo y que actualmente corresponde al Área de Bosque y Vegetación Protectora del río Zhío, en las parroquias de Principal y Delegsol. En el cantón Chordeleg posee un área de 10498.4 ha, en donde se pueden identificar ocho usos del suelo que están determinados principalmente por las pendientes, por la altitud de los Andes Ecuatorianos, las características de los suelos y su fertilidad, así como las diferentes formas de intervención antrópica tradicionalmente desempeñadas en esta zona.

### 1.1.5 USO Y COBERTURA DE SUELO

En el cantón Chordeleg tenemos varios usos de suelos entre los cuales tenemos:

**Tabla 2:** *Usos del suelo del cantón Chordeleg*

USO SUELO	ÁREA (HA.)
AGUA	192,8
CULTIVOS CICLO CORTO	2708,2
PASTOS	1159,5
MOSAICO CULTIVOS	768,4
BOSQUES	2629,6
PARAMOS	3055,8

(Brito, 2015)

### 1.1.6 CLIMA DE LA ZONA

El cantón Chordeleg se ve influenciado por dos climas: el ecuatorial de alta montaña que influye en el 60% de territorio del cantón y el clima ecuatorial meso térmico semi-húmedo en un 40%. Se describe a continuación las características que presentan cada uno.

#### 1.1.6.1 CLIMA ECUATORIAL DE ALTA MONTAÑA

Este tipo de clima se sitúa siempre por encima de los 3000 m.s.n.m. La altura y la exposición son los factores que condicionan los valores de las temperaturas y las lluvias. Las temperaturas máximas rara vez sobrepasan los 20 °C, las mínimas

tienen sin excepción valores inferiores a 0 °C y las medias anuales, aunque muy variables, fluctúan casi siempre entre 4 y 8 °C. La gama de los totales pluviométricos anuales va de 800 a 2.000 mm y la mayoría de los aguaceros son de larga duración, pero de baja intensidad. La humedad relativa es siempre superior a 80%. La vegetación natural llamada matorral en el piso más bajo, es reemplazada en el piso inmediatamente superior por un espeso tapiz herbáceo frecuentemente saturado de agua, el páramo.

#### **1.1.6.2 CLIMA ECUATORIAL MESO TÉRMICO SEMI-HÚMEDO**

Constituye el clima más característico de la zona interandina pues, salvo en los valles abrigados y las zonas situadas por encima de los 3200 m.s.n.m., ocupa la mayor extensión. Las temperaturas medias anuales están comprendidas generalmente entre 12 °C y 20 °C pero pueden en ocasiones ser inferiores en las vertientes menos expuestas al sol; las temperaturas mínimas descienden rara vez a menos de 0 °C y las máximas no superan los 30 °C. Variando en función de la altura y de la exposición, la humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65 y el 85% y la duración de la insolación puede ir de 1000 a 2000 horas anuales. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 600 y 2000 mm y están repartidas en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y en octubre a noviembre. La estación seca principal, de junio a septiembre, es generalmente muy marcada; en cuanto a la segunda, su duración y localización en el tiempo son mucho más aleatorias, aunque se puede adelantar que es por lo general inferior a tres semanas y se sitúa a fines de diciembre, razón por la que se llama “veranillo del Niño”. La vegetación natural de esta zona ha sido ampliamente sustituida por pastizales y cultivos (principalmente cereales, maíz y papa).

#### **1.1.6.3 TEMPERATURA**

En el cantón Chordeleg se puede decir que la variación de la temperatura a lo largo del año es mínima, de esta manera se estima que el valor de temperatura media anual es de 12.3 °C y los máximos y mínimos mensuales son 16 y 7 °C.



### **1.1.7 GEOMORFOLOGÍA**

La mayor parte del territorio del cantón Chordeleg presenta relieves relativamente altos, existen muy pocas áreas con relieve medio a muy bajo. (Brito Valerie, 2015)

### **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La problemática se puede resumir en dos aspectos importantes que son:

- La falta del paso lateral con un diseño que brinde seguridad a los usuarios y pobladores.
- El crecimiento urbano del cantón no se da de una manera ordenada debido a la cercanía de la vía interprovincial al centro.

El proyecto pretende dar solución a lo antes señalado de una manera técnica y eficiente.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El actual ingreso hacia el cantón Chordeleg, que forma parte de la red interprovincial tiene un trazado peligroso que ha causado varios accidentes, heridos y daños materiales, en este tramo restringe el normal flujo vehicular causando malestar a los pobladores más cercanos y a los conductores que usan ese tramo de vía, además, en el actual trazado se debe respetar por normativa los 25 metros de derecho de vía, medidos desde el eje lo que obstaculiza los trámites para permisos de construcción en los terrenos aledaños.

Con la realización de la tesis se pretende realizar un trazado más seguro que cumpla con la normativa y ordenanza del cantón además de los retiros prediales y derechos de vía que este tipo de vías deben tener.

### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

- Diseño Vial Integral del nuevo paso lateral para el cantón Chordeleg de la provincia del Azuay.

### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluación del diseño geométrico del paso lateral existente.





- Realizar el pre factibilidad de las rutas (al menos dos rutas), para elegir la mejor alternativa.
- Realizar el diseño geométrico definitivo del nuevo paso lateral.
- Estudio de Tránsito para la vía.
- Estudio hidrológico-hidráulico a nivel definitivo.
- Estudio geotécnico.
- Diseño de pavimentos asfálticos a nivel definitivo, usando el estudio de mecánica de suelos de la vía.
- Presupuesto para la construcción y mantenimiento de la vía para un ciclo a ser determinado en el estudio.

## **1.6 ALCANCE DEL PROYECTO**

El presente proyecto de tesis se plantea para el diseño definitivo del nuevo paso lateral para el cantón Chordeleg y su alcance es el siguiente:

- Trazado de por lo menos dos rutas y selección de la más adecuada para el paso lateral
- Levantamiento topográfico de una franja de 60 m de ancho, perfiles transversales cada 20 m en tangentes y 10 m en curvas, se generan planos escala 1:1000.
- Toma de muestras de suelo cada 500 m para análisis a una profundidad de 2 m para realizar ensayos de clasificación, límites, CBR, etc.
- Diseño geométrico en planta y diseño vertical.
- Estudio hidrológico para un periodo de 20 años
- Estudio geotécnico con los datos obtenidos para estabilidad de taludes, diseño de pavimentos, cimentación de estructuras, etc.
- Diseño de pavimentos asfálticos por dos metodologías distintas que cumpla la normativa nacional (NEVI) e internacional (AASHTO).
- Elaboración de memorias técnicas, planos, especificaciones técnicas, presupuesto de obra.
- El estudio ambiental del proyecto está a cargo del departamento competente del GAD del cantón Chordeleg.

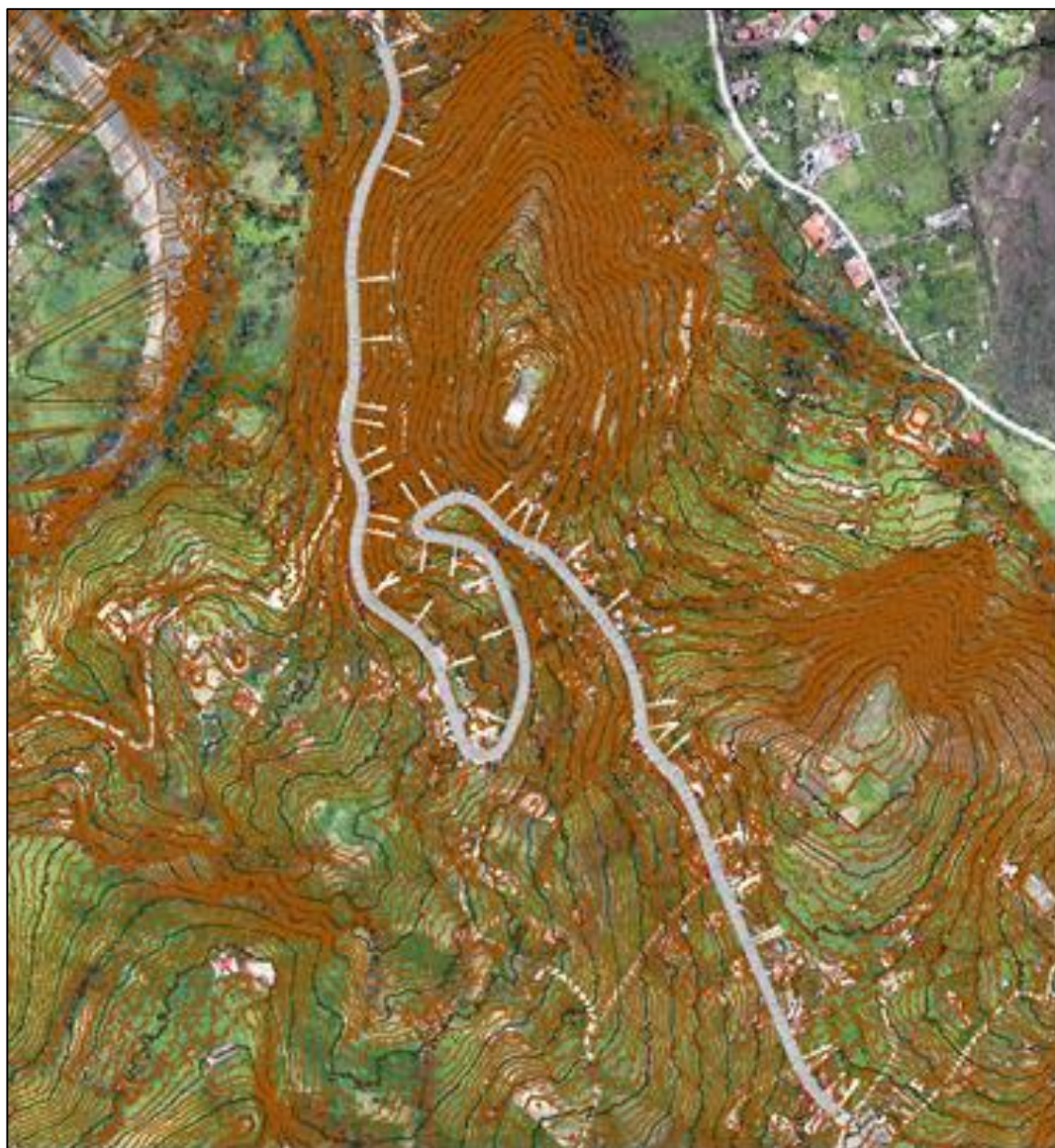


## CAPITULO II

### **2. ANÁLISIS DEL TRAMO DE VÍA INGRESO SENTIDO GUALACEO A CHORDELEG COMO JUSTIFICACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA VÍA ALTERNA PERIURBANA**

#### **2.1 TOPOGRAFÍA ACTUAL**

Al momento, la topografía por la cual discurre el trazo del actual ingreso hacia el cantón Chordeleg se sitúa en una región accidentada, debido a que el cantón se encuentra dentro de la influencia del sistema fluvial de importancia formado por los ríos de los cantones Paute, Gualaceo y sus afluentes, dando como resultado paisajes con grandes quebradas y de pendientes fuertes. Por lo indicado, el trazo del actual ingreso presenta curvas horizontales con pequeños radios de curvatura que permiten ir salvando la topografía del sector hasta llegar al centro urbano, lo cual a su vez dificulta el normal tránsito de vehículos y peatones. Como se aprecia en la siguiente figura, la vía presenta un trazado muy sinuoso con pendientes pronunciadas que van del 5 al 10 %.



*Figura 2: Adaptado Topografía y trazado horizontal ingreso al Cantón Chordeleg.*

## 2.2 ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

La NEVI 2013, en su volumen 5 sobre Procedimientos de Operación y Seguridad Vial, define como PUNTOS PELIGROSOS a “aquellos sectores de un camino público que demandan una mayor atención de los usuarios (conductores, pasajeros y peatones) con el fin de evitar accidentes, debido a restricciones geométricas de visibilidad y operativas de tránsito”.(MTOP, 2012)

Entre estos puntos peligrosos tenemos a las curvas horizontales y verticales, con restricciones de visibilidad para adelantamientos. A continuación, se presenta una



Universidad de Cuenca

tabla con las curvas horizontales sus restricciones en el tramo de vía en estudio, además de elementos de curva mínimos que no se cumplen en este caso.



**Tabla 3:** Elementos de curvas en tramo acceso a Chordeleg.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA											
CURVA	RADIO	TANGENTE	LONG. DE CURVA	LONG. DE CUERDA	EXT	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	OBSERVACIÓN
<b>PI:1</b>	76.85	28.88	55.25	54.07	5.25	0+062.41	0+033.53	0+088.78	9678405.42	747071.90	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:2</b>	266.79	65.49	128.44	127.20	7.92	0+189.77	0+124.28	0+252.72	9678287.33	747017.85	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:3</b>	248.90	32.57	64.76	64.58	2.12	0+347.71	0+315.15	0+379.91	9678127.07	747026.22	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:4</b>	76.19	25.37	48.99	48.15	4.11	0+422.15	0+396.78	0+445.77	9678053.87	747010.77	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:5</b>	50.00	17.81	34.22	33.55	3.08	0+482.39	0+464.58	0+498.79	9677997.65	747036.90	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:6</b>	101.16	37.63	72.05	70.54	6.77	0+552.69	0+515.06	0+587.11	9677928.17	747019.20	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:7</b>	18.73	4.48	8.79	8.71	0.53	0+591.84	0+587.36	0+596.15	9677890.27	747038.11	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:8</b>	84.01	26.52	51.37	50.57	4.09	0+673.03	0+646.51	0+697.88	9677841.76	747103.43	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:9</b>	23.72	59.75	56.59	44.10	40.56	0+834.60	0+774.85	0+831.45	9677686.84	747154.85	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:10</b>	135.68	56.85	107.67	104.87	11.43	0+908.38	0+851.53	0+959.20	9677810.76	747212.50	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:11</b>	55.34	31.71	57.59	55.03	8.44	1+047.45	1+015.74	1+073.33	9677946.66	747161.64	NO CUMPLE RMIN

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA											
CURVA	RADIO	TANGENTE	LONG. DE CURVA	LONG. DE CUERDA	EXT	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	OBSERVACIÓN



<b>PI:12</b>	11.64	30.06	27.97	21.71	20.59	1+135.11	1+105.06	1+133.03	9677962.66	747069.53	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:13</b>	34.01	28.56	47,51	43.74	10.40	1+185.38	1+156.82	1+204.33	9678006.93	747139.03	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:14</b>	59.02	11,54	22.78	22.64	1.12	1+241.27	1+229.73	1+252.52	9677958.60	747183.24	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:15</b>	81.30	17.96	35.35	35.07	1.96	1+287.41	1+269.45	1+304.80	9677938.67	747225.18	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:16</b>	185.13	53.88	104.87	103.48	7.68	1+424.96	1+371.07	1+475.94	9677832.34	747313.32	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:17</b>	36.34	10.86	21.11	20.82	1.59	1+510.32	1+499.45	1+520.57	9677744.78	747324.38	NO CUMPLE RMIN
<b>PI:18</b>	243.20	51,15	100.83	100.11	5.32	1+588.96	1+537.81	1+638.64	9677684.50	747375.85	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:19</b>	428.26	27.00	53.94	53.90	0.85	1+665.74	1+638.73	1+692.67	9677609.56	747398.37	SI CUMPLE RMIN
<b>PI:20</b>	122.55	33.79	65.95	65.16	4,57	1+916.62	1+882.82	1+948.77	9677378.85	747497.06	SI CUMPLE RMIN

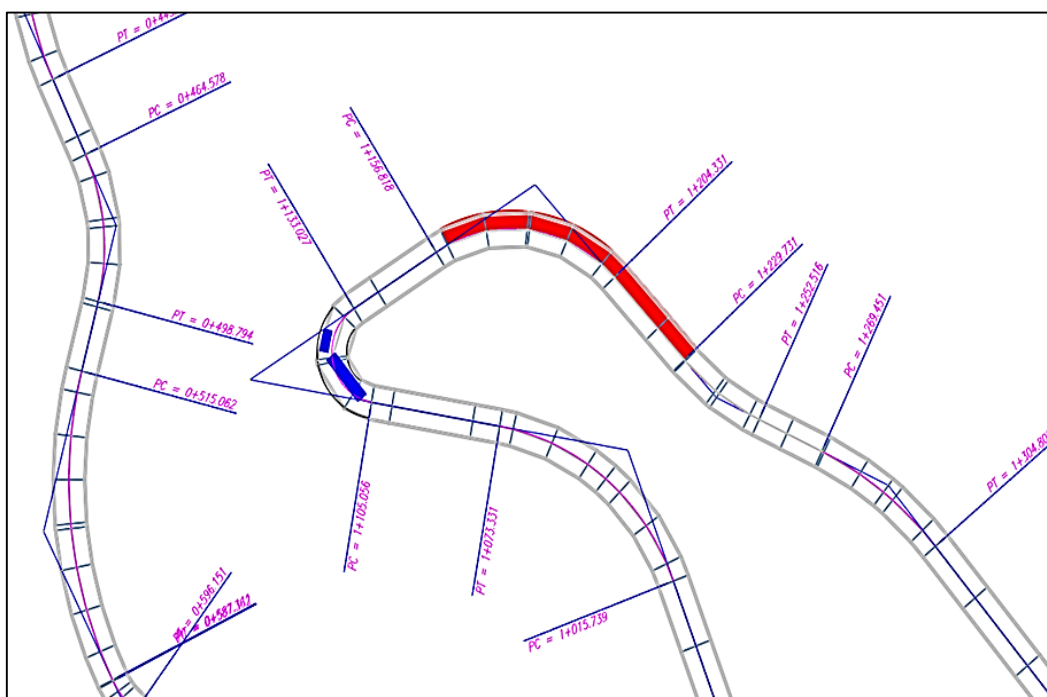


Como se puede observar, existen doce curvas horizontales que no cumplen con la condición geométrica de radio mínimo ( $R_{min}$ ). Otro problema que se da en la curva que se muestra en la figura #, en la cual los vehículos que descenden deben esperar a los vehículos o buses que suben ya que la geometría de dicha curva no permite que los vehículos circulen con normalidad, dándose casos de rayones, golpes o choques. El carril coloreado en rojo representa la fila de vehículos en espera a los vehículos grandes como buses o volquetes que suben por el carril contrario. Para representar los buses y vehículos livianos, la norma NEVI 2013 en su volumen 5 sobre Procedimientos de Operación y Seguridad Vial da las longitudes mínimas de buses y vehículos livianos:

**Tabla 4:** Longitudes mínimas de buses y vehículos livianos.

	LONGITUD	ANCHO
<b>BUSES</b>	12	2,6
<b>LIVIANOS</b>	5	2

(MTOPI, 2012)



*Figura 3: Curva conflictiva en acceso actual a Chordeleg.*



*Figura 4: Vehículos en espera.*

### 2.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

Al igual que en el caso de las curvas horizontales, se obtienen los datos de las curvas verticales y se las compara con los valores mínimos aceptados por la norma, a continuación, presentamos dichos valores en la Tabla 3 donde se puede ver que sólo una curva vertical cumple con los valores permitidos.

**Tabla 5:***Elementos de Curva Vertical.*

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA						
Nro. CURVA	K CAL.	K MIN PARADA	K MIN REBASAMIENTO	K MIN VISIBILIDAD	TIPO	OBSERVACIÓN
PI:1	117,64	11	38		CONVEXA	SI CUMPLE
PI:2	21,51			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:3	17,79	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:4	6,18			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:5	11	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:6	6,48			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:7	2,49	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:8	18			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:9	11	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:10	5,97			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:11	7,46	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:12	5,72			18	CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:13	24,76	11	38		CONVEXA	NO CUMPLE K
PI:14	11,16			18	CONVEXA	NO CUMPLE K

### 2.4 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

Una vez que se han obtenido los resultados anteriores se puede concluir que el acceso hacia el cantón Chordeleg dirección Gualaceo Chordeleg, no cumple con las





normativas vigentes, además de representar un peligro para vehículos, pasajeros y peatones que circulan por dicha vía, por lo que se justifica el diseño de una vía alterna que cumpla con las características geométricas y de seguridad para brindar un buen servicio al cantón.



## **CAPITULO III**

### **3. ELECCIÓN DE RUTA**

Se entiende por Ruta a la Franja de terreno variable que está comprendida entre dos puntos extremos que son de carácter obligado o son el objetivo para el Diseño de la Vía, y que puede tener puntos intermedios. Es decir partimos de que tenemos definido un inicio de la vía y una llegada, por lo que se debe hacer un análisis de que Ruta sería la mejor para realizar el Diseño Preliminar y Definitivo. Para determinar la Mejor Ruta entre varias opciones que podría existir, hay varias Etapas o Fases a seguir para demostrar técnicamente que la Ruta que se propone es la mejor alternativa, siendo los siguientes:

#### **3.1.1 FASE PRE PRELIMINAR**

Para esta Etapa o Fase se utiliza una fuente elemental como Cartas IGM (con una escala 1:50000), en la que podemos observar poblados, cuerpos hídricos considerables, carreteras existentes, y podemos obtener longitudes aceptables. En esta Fase podemos hacernos ideas de franjas de terreno por las que podríamos fijar una Ruta, definir curvaturas horizontales y curvaturas verticales.

#### **3.1.2 FASE DE PRE FACTIBILIDAD**

Para esta Etapa o Fase se utiliza la fuente más precisa y detallada, como puede ser una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestres (Orto foto) con curvas de nivel a una mejor escala (1:5000), en la que podemos observar claramente viviendas, vegetación, quebradas, zanjas, canales, caminos, y podemos obtener longitudes aproximadas. En esta Fase podemos obtener franjas de terreno, las que sería nuestras Rutas, en las que definimos curvaturas horizontales y verticales con valor significativo. Para realizar las Rutas debemos apoyarnos de inspecciones en campo, estas inspecciones pueden realizarse mediante diferentes formas: Recorrido a pie de la zona, sobrevolando la zona, por interpretación de fotografías aéreas o combinación de éstos métodos La Ruta se va realizando de acuerdo a puntos medios obligatorios o áreas que debemos evitar. Puntos obligatorios de acuerdo a la topografía, lugares turísticos, o caseríos, etc. que sea de interés común. Áreas que debemos evitar, ya sea por ser de inundación, por fallas geológicas zonas de erosión, ecológicas, etc.

### 3.1.3 FASE DE FACTIBILIDAD

Para esta Etapa o Fase, debemos decidir cuál de las Rutas es la mejor Alternativa, por lo que se debe considerar varios aspectos, los mismos que pueden ser resumidos en el siguiente cuadro que es parte de un Flujo grama de actividades del Proyecto:

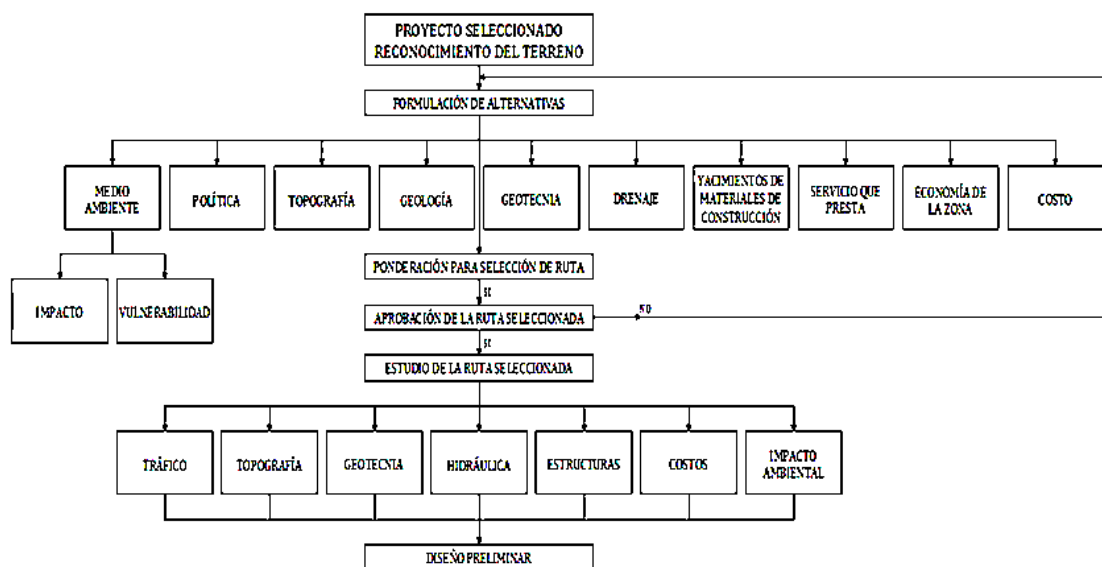


Figura 5: Flujo grama de actividades del proyecto.

(MTOP, 2012)

De los aspectos que decidamos cuáles son los más importantes para analizarlos y poder comparar cada una de las rutas, debemos además darles el grado de importancia, ya que algunos aspectos serán dependiendo de la vía más importantes que otros, es decir debemos dar el respectivo peso ponderado.

### 3.1.4 DISEÑO PRELIMINAR Y DEFINITIVO

Para estas Etapas, se debe tener ya una Alternativa ganadora, y se deben realizar distintos estudios que se observa en la figura anterior, y procedemos a realizar el Diseño de la vía, éste Diseño será el Preliminar, y si la información recopilada de acuerdo a los estudios anteriormente mencionados necesitaba ser complementada, o se necesitaba nueva información, y luego de realizarlas, efectuamos las correcciones o el nuevo diseño, éste tendrá el carácter de Final, es decir nuestro Diseño Definitivo. Estos dos puntos fueron descritos ligeramente ya que salen del área de análisis que es la elección de la mejor Ruta, pero serán analizados a detalle en los próximos capítulos para realizar el Diseño Vial.

### 3.2 PRE FACTIBILIDAD DEL TRAZADO DE LAS RUTAS

Para la primera reunión o análisis de las Rutas (realizada el 25 de Julio del 2018), se presentaron 3 alternativas:

- Ruta Express (Ruta 1)
- Ruta Dos
- Ruta Tres

Siendo esta última la mejor opcionada, pero de acuerdo a revisiones de información que reposa en el Gobierno Municipal de Chordeleg, que se nos hizo conocer que debemos respetar el área destinada para una Planta de Agua, un Estadio, así como un área que cuenta con lotizaciones, indicándose las dos primeras mencionadas en el siguiente gráfico:



*Figura 6: Adaptado Equipamiento de infraestructura.*

Por lo que presentamos una Nueva Ruta, la que denominamos Ruta 4, la misma que cumple en todo su recorrido con la Normativa. A continuación para una comprensión

completa de cada una de las Rutas con sus Pros y Contras, describimos cada una de ellas, para así poder analizarlas, valorarlas y decidir la mejor de todas ellas.

### 3.2.1 VÍA EXPRESS PROPUESTA POR LA MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG, Y ANÁLISIS (RUTA 1)

Esta Ruta es la Propuesta por la Municipalidad de Chordeleg por medio de su departamento de Planificación, con las siguientes características:

- Longitud= 3.720 metros
- Volumen de Corte= 334.167,01 m<sup>3</sup>
- Volumen de Relleno= 28.634,72 m<sup>3</sup>

Esta Ruta recorre espacios que no cruzan caseríos, utiliza partes del camino existente, y su recorrido es el más apto para el departamento de Planificación del Municipio de Chordeleg. En esta Ruta existen dos tramos en que las pendientes son mayores a las permitidas, por lo que en esta Ruta es el aspecto desfavorable. Con respecto al Costo, de las cuatro rutas analizadas es la segunda más económica. A continuación la Ruta, su recorrido y las áreas donde la vía no cumple con la Normativa legal vigente:



*Figura 7: Adaptado Ruta 1.*

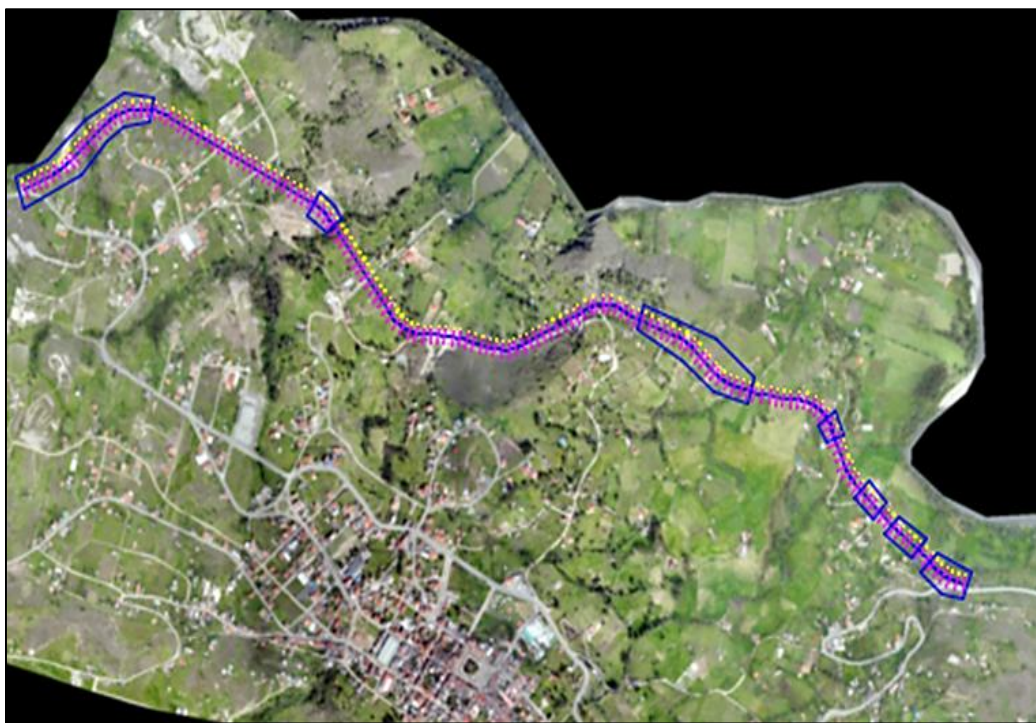


### 3.2.2 VÍA OPTIMIZANDO LOS CAMINOS EXISTENTES, Y ANÁLISIS (RUTA 2)

Esta Ruta es la que trata de optimizar el costo, utilizando al máximo el camino existente, también esquiva todos los caseríos, y tiene las siguientes características:

- Longitud 3.140 metros
- Volumen de Corte 145.783,61 m<sup>3</sup>
- Volumen de Relleno 27.567,58 m<sup>3</sup>

Esta Ruta recorre espacios que no cruzan caseríos, utiliza al máximo partes del camino existente, así como vías asfaltadas existentes, por lo que económicamente sería la más recomendada, pero en esta Ruta existen siete tramos en que las pendientes son mayores a las permitidas, por lo que en esta Ruta es el aspecto más desfavorable de todas las Rutas. Con respecto al Costo, de las 4 Rutas analizadas es la más económica. A continuación la Ruta, su recorrido y las áreas donde la vía no cumple con la Normativa legal vigente:



*Figura 8: Adaptado Ruta 2.*

### 3.2.3 VÍA PROPUESTA POR MAESTRANTES, Y ANÁLISIS (RUTA 3)

Esta Ruta es la que trata de garantizar su cumplimiento a la Normativa legal Actual del país, garantizando pendientes y giros que hará sentir a los conductores seguros mientras la recorran, y tiene las siguientes características:

- Longitud 3.320 metros
- Volumen de Corte 361.957,26 m<sup>3</sup>
- Volumen de Relleno 43.965,73 m<sup>3</sup>

Esta Ruta recorre espacios que cruzan caseríos y sus terrenos, utiliza en lo posible partes del camino existente, pero atraviesa el área destinada para la planta de agua, del estadio y áreas lotizadas.

En esta Ruta no existen tramos en que las pendientes son mayores a las permitidas, por lo que esta Ruta hubiese sido la mejor técnicamente. Con respecto al Costo, de las 4 Rutas analizadas es la más cara. A continuación la Ruta, su recorrido y las áreas donde la vía no cumple con la Normativa legal vigente (ninguna para este caso):



*Figura 9: Adaptado Ruta 3.*

### **3.2.4 SEGUNDA VÍA PROPUESTA POR MAESTRANTES, Y ANÁLISIS (RUTA 4)**

Esta Ruta igual que la Ruta Opcional trata de garantizar su cumplimiento a la Normativa legal Actual del país, garantizando pendientes y giros que hará sentir a los conductores seguros mientras la recorran, y tiene las siguientes características:

- Longitud 3.760 metros
- Volumen de Corte 362.436,02 m<sup>3</sup>
- Volumen de Relleno 139.445,74 m<sup>3</sup>

Esta Ruta recorre espacios que cruzan caseríos y sus terrenos, utiliza en lo posible partes del camino existente, a comparación de la Ruta Opcional, esquiva el área destinada para la planta de agua, del estadio y áreas lotizadas.

En esta Ruta no existen tramos en que las pendientes son mayores a las permitidas, pero es la que presenta mayor volumen de relleno de entre todas las cuatro Rutas. Con respecto al Costo, de las 4 Rutas analizadas es la segunda más cara. A continuación la Ruta, su recorrido y las áreas donde la vía no cumple con la Normativa legal vigente (ninguna para este caso):



*Figura 10: Adaptado Ruta 4*

### **3.3 FACTIBILIDAD DEL TRAZADO DE RUTAS**

Una vez definidas todas las Rutas, con sus Pros y sus contras, de manera consensual con los Departamentos Técnicos del GAD Municipal del Cantón Chordeleg (Planificación y de Vialidad) se decidió que los aspectos importantes para tomar una decisión son El Técnico y el Económico, diferenciando para el peso ponderado con un 60% de importancia al aspecto técnico y un 40% de importancia para el aspecto económico, y de la siguiente manera:



PRIMERO.- Trazado Técnico, en la que del 1 al 4 se las valora a cada una de las Rutas, de acuerdo al cumplimiento de la Normativa Legal Actual del país, de acuerdo a pendientes, radios, etc. con un puntaje de 4 a la Ruta con mejor trazado técnico.

SEGUNDO.- Economía, en la que del 1 al 4 se las valora a cada una de las Rutas, de acuerdo al costo de su construcción, por lo que se realizó un Presupuesto de cada una de las Rutas, en las que como información fija e igual para cada una de las Rutas fue: la sección de la vía, sección de la cuneta, espesores de cada una de las capas que conforman la estructura de la vía, el mismo factor de esponjamiento del material, en todas es necesario un puente de longitud similar, etc. con un puntaje de 4 a la Ruta más económica.

### 3.3.1 MÉTODO DE BRUCE

Existen diversos métodos de evaluación de Rutas y trazados alternos, con cuáles se podrá hacer la mejor selección. Dentro de estos métodos, se encuentra el de Bruce, en el cuál se aplica el concepto de longitud virtual, es decir el mayor esfuerzo que realizan los vehículos subiendo cuestas muy empinadas y el desgaste de frenos para las bajadas.

La longitud resistente de una ruta está dada por:

$$X_o = X + k * \sum Y$$

Ecuación 1.

*Dónde:*

*X<sub>o</sub>: Es la longitud resistente*

*X: Longitud total del Trazado*

*k: Inverso del coeficiente de tracción*

*$\sum Y$ : Sumatoria de las diferencias de desnivel*

En la siguiente Tabla están los valores de k para los distintos tipos de superficie de rodamiento:

**Tabla 6:**Factor *k*, método de Bruce.

TIPO DE SUPERFICIE	VALOR MEDIO DE K
CARRETERA EN TIERRA	21
ACONDICIONAMIENTO MC ADAM	32
PAVIMENTO ASFALTICO	35

(Grisales, 2016)

**Tabla 7:***Método de Bruce de la Ruta 1.*

<b>RUTA</b>	01		
<b>PTO. INICIO</b>	A	<b>COTA INICIAL</b>	2255
<b>PTO. FINAL</b>	B		
<b>Nº DESNIVEL.</b>	12		
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>		CARPETA ASFÁLTICA	
<b>Longitud Resistente (Xo)</b>			<b>13321,000 m</b>
<b>RUTA 1</b>		<b>DH</b>	<b>DV</b>
A	1	260,0	17,0
1	2	200,0	-20,0
2	3	140,0	20,0
3	4	216,0	-31,0
4	5	150,0	6,0
5	6	400,0	-53,0
6	7	470,0	24,5
7	8	380,0	-12,0
8	9	164,0	29,0
9	10	229,0	-32,0
10	11	532,0	18,7
11	B	198,0	-22,0
<b>SUMATORIA</b>		<b>3339,0</b>	<b>285,2</b>

**Tabla 8:***Método de Bruce de la Ruta 2.*

<b>RUTA</b>	02		
<b>PTO. INICIO</b>	A	<b>COTA INICIAL</b>	2243,389
<b>PTO. FINAL</b>	B		
<b>Nº DESNIVEL.</b>	16		
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>		CARPETA ASFÁLTICA	
<b>LONGITUD RESISTENTE (XO)</b>			<b>14210,850 M</b>
<b>RUTA 2</b>		<b>DH</b>	<b>DV</b>
A	1	380,8	10,2
1	2	312,9	-25,8
2	3	141,1	14,4
3	4	46,6	-15,0
4	5	98,5	7,5

5	6	339,5	-9,6
6	7	501,2	-53,5
7	8	178,8	17,5
8	9	94,8	-13,3
9	10	284,0	22,7
10	11	201,4	-17,5
11	12	196,8	33,5
12	13	244,1	-36,0
13	14	418,7	10,2
14	15	30,9	10,9
15	B	312,2	-0,4
<b>SUMATORIA</b>		<b>3782,6</b>	<b>298,0</b>

**Tabla 9:** Método de Bruce de la Ruta Final.

<b>RUTA</b>	Final		
<b>PTO INICIO</b>	A	<b>COTA INICIAL</b>	2245,6
<b>PTO FINAL</b>	B		
<b>Nº DESNIVEL.</b>	9		
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>		CARPETA ASFÁLTICA	
<b>Longitud Resistente (Xo)</b>			<b>10706,240 m</b>
<b>RUTA Final</b>		<b>DH</b>	<b>DV</b>
A	1	280,0	-14,0
1	2	461,3	11,4
2	3	895,0	54,3
3	4	356,8	-31,9
4	5	343,5	1,5
5	6	372,2	-9,4
6	7	362,6	13,3
7	8	444,2	-39,5
8	B	245,6	13,1
<b>SUMATORIA</b>		<b>3761,2</b>	<b>198,4</b>

**Tabla 10:** Método de Bruce de la Ruta Opcional.

<b>RUTA</b>	Opcional		
<b>PTO INICIO</b>	A	<b>COTA INICIAL</b>	2255
<b>PTO FINAL</b>	B		
<b>Nº DESNIVEL.</b>	14		

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>		<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>	
<b>Longitud Resistente (Xo)</b>			<b>9752,170 m</b>
<b>RUTA Opcional</b>		<b>DH</b>	<b>DV</b>
A	1	156,1	-13,3
1	2	73,4	-3,8
2	3	118,8	2,6
3	4	115,2	14,4
4	5	127,8	-11,9
5	6	243,6	24,5
6	7	152,1	-3,7
7	8	511,5	4,2
8	9	150,0	-19,2
9	10	493,2	8,8
10	11	228,7	-15,7
11	12	340,0	25,2
12	13	349,0	-14,3
13	B	276,3	21,7
<b>SUMATORIA</b>		<b>3335,6</b>	<b>183,3</b>

### 3.3.2 PRESUPUESTOS DE LAS RUTAS

Con cada una de las rutas se realizó un ante proyecto, con diseño geométrico horizontal y vertical, así como una sección tipo para todas las rutas, y así obtener movimientos de tierras, que es de los rubros más representativos en una vía. Obteniendo los siguientes presupuestos:



**Tabla 11: Presupuestos de las Rutas.**

PRESUPUESTOS ESTIMADOS DE ACUERDO A DISTINTAS RUTAS ANALIZADAS												
PRESUPUESTO					RUTA EXPRESS		RUTA 1		RUTA OPCIONAL		RUTA FINAL	
Ítem	Código	Descripción	Unidad	P.Unitario	Cantidad	P.Total	Cantidad	P.Total	Cantidad	P.Total	Cantidad	P.Total
		<b>LONGITUD</b>	<b>m</b>		3720		3140		3320		3760	
		<b>VOLUMEN DE CORTE</b>	<b>m3</b>		334167,01		145783,61		361957,26		362436,02	
		<b>VOLUMEN DE RELLENO</b>	<b>m3</b>		28634,72		27567,58		43965,73		139445,74	
<b>01</b>		<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>										
1,001	502010	Desbroce, Desbosque y Limpieza	Ha	660,15	7,44	4911,516	6,28	4145,742	6,64	4383,396	7,52	4964,328
1,002	501009	Replanteo y nivelación	Km	202,73	3,72	754,1556	3,14	636,5722	3,32	673,0636	3,76	762,2648
<b>2</b>		<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>										
2,001	503038	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	3,54	133666,804	473180,486	58313,444	206429,592	144782,904	512531,48	144974,408	513209,404
2,002	503025	Excavación mecánica en suelo conglomerado	m3	6,19	133666,804	827397,517	58313,444	360960,218	144782,904	896206,176	144974,408	897391,586
2,003	503039	Excavación en roca	m3	9,59	66833,402	640932,325	29156,722	279612,964	72391,452	694234,025	72487,204	695152,286
2,004	505028	Estabilidad de taludes mediante terrazas	m3	3,04	28634,72	87049,5488	27567,58	83805,4432	43965,73	133655,819	139445,74	423915,05
2,007	505031	Terraplenado con material de préstamo(zonas de relleno)	m3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2,009	506024	posición final y tratamiento de zonas de depósito "Escombros"	m3	1,9	305532,29	580511,351	118216,03	224610,457	317991,53	604183,907	222990,28	423681,532
2,01	506003	Cargado de material con cargadora	m3	1,94	305532,29	592732,643	118216,03	229339,098	317991,53	616903,568	222990,28	432601,143
2,011	506007	Transporte de materiales hasta 6 km	m3	1,59	305532,29	485796,341	118216,03	187963,488	317991,53	505606,533	222990,28	354554,545
<b>3</b>		<b>BORDILLOS</b>										
3,001	503041	Excavación para cunetas, canales y encauzamientos	m3	11,05	1190,4	13153,92	1004,8	11103,04	1062,4	11739,52	1203,2	13295,36
3,002	504026	Relleno con material de préstamo local (para estructuras).	m3	8,01	1488	11918,88	1256	10060,56	1328	10637,28	1504	12047,04
3,003	512048	estructural de Cemento Portland Clase "C" f'c=180 Kg/Cm2 (In	m3	179,2	744	133324,8	628	112537,6	664	118988,8	752	134758,4
<b>6</b>		<b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>										
6,002	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	46,95	13392	628754,4	11304	530722,8	11952	561146,4	13536	635515,2
6,003	505030	Base de Agregados Clase 1 tipo "A ó B"	m3	61,56	8928	549607,68	7536	463916,16	7968	490510,08	9024	555517,44
6,004	511004	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	0,74	44640	33033,6	37680	27883,2	39840	29481,6	45120	33388,8
6,005	511002	Carpeta asfáltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta	m2	9,55	44640	426312	37680	359844	39840	380472	45120	430896
<b>SUBTOTAL</b>						5489371,16		3093570,93		5571353,65		5561650,38
<b>IVA</b>					12%	658724,54		371228,51		668562,44		667398,05
<b>TOTAL</b>						6148095,7		3464799,44		6239916,09		6229048,43
<b>ORDEN DE COSTO (ordenado de más económica como 4 y la más cara como 1)</b>						<b>3</b>		<b>4</b>		<b>1</b>		<b>2</b>



### 3.3.3 CUADRO COMPARATIVO

Con la calificación de 1 al 4 de cada una de las Rutas tanto en el aspecto Técnico como en el Económico, se desprende el siguiente cuadro resumen:

**Tabla 12:** *Cuadro Comparativo.*

VALORACIÓN					
DESCRIPCIÓN	RUTA EXPRESS	RUTA 1	RUTA OPCIONAL	RUTA FINAL	
TRAZADO TÉCNICO (60%)	1,2	0,6	1,8	2,4	
ECONOMÍA (40%)	1,2	1,6	0,4	0,8	
TOTAL=	2,4	2,2	2,2	3,2	

Lo que nos indica que la Mejor Alternativa es la Ruta 4. Para respaldo de esta elección, se firmó una Acta de Aprobación de Ruta por parte del Ing. Sergio Ortiz (Director del departamento de Vialidad) y el Arq. Marco Contreras (Director de Planificación) y nosotros los egresados de la Maestría de Transporte y Vialidad Segunda Cohorte, los Ingenieros Patricio Castillo y Danny Montenegro, con fecha 9 de agosto del 2018. Esta Acta es parte de los Anexos adjuntos a la presente Tesis.



## CAPITULO IV

### 4. MARCO TEÓRICO

#### 4.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

Para la realización del Diseño geométrico de carreteras debemos cumplir Normas, las mismas que nos garantizan la seguridad de movilización sobre ellas. Primeramente definimos que tipo de Terreno es en el que se encuentra la franja topográfica que disponemos para diseñar nuestra vía, así como el TPDA de la misma para saber el flujo vehicular que va a soportar, ya con esta información en la Tabla 4.1.1 podemos asumir valores para nuestro diseño con seguridad como son velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura, distancias de visibilidad tanto de parada como de rebasamiento, los coeficientes K para el diseño de las curvas verticales, peraltes, espaldones, gradientes transversales, etc.

**Tabla 13:** *Valores de diseño recomendados.*

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 – 1 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 – 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>						
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(5)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(5)</sup>	
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(7)</sup>	
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	390	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	
Peralte	MÁXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)												
Coficiente "K" para: <sup>(1)</sup>																															
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	
Gradiente longitudinal <sup>(3)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> mínima (%)	0,5%																														
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00			6,00			4,00 <sup>(15)</sup>						
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado						
Ancho de espaldones <sup>(3)</sup> estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---						
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0						
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 <sup>(6)</sup> - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---						
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																														
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																														
	SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																														
	0,50 m. mínimo a cada lado																														
Mínimo derecho de vía (m)		Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																															



#### 4.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

En el diseño de curvas horizontales, éstas son definidas como un arco circular de radio  $R$  que une dos tangentes que se cortan en el punto de inflexión del trazado (PI). En la siguiente Figura se muestra la representación de la curva circular simple.

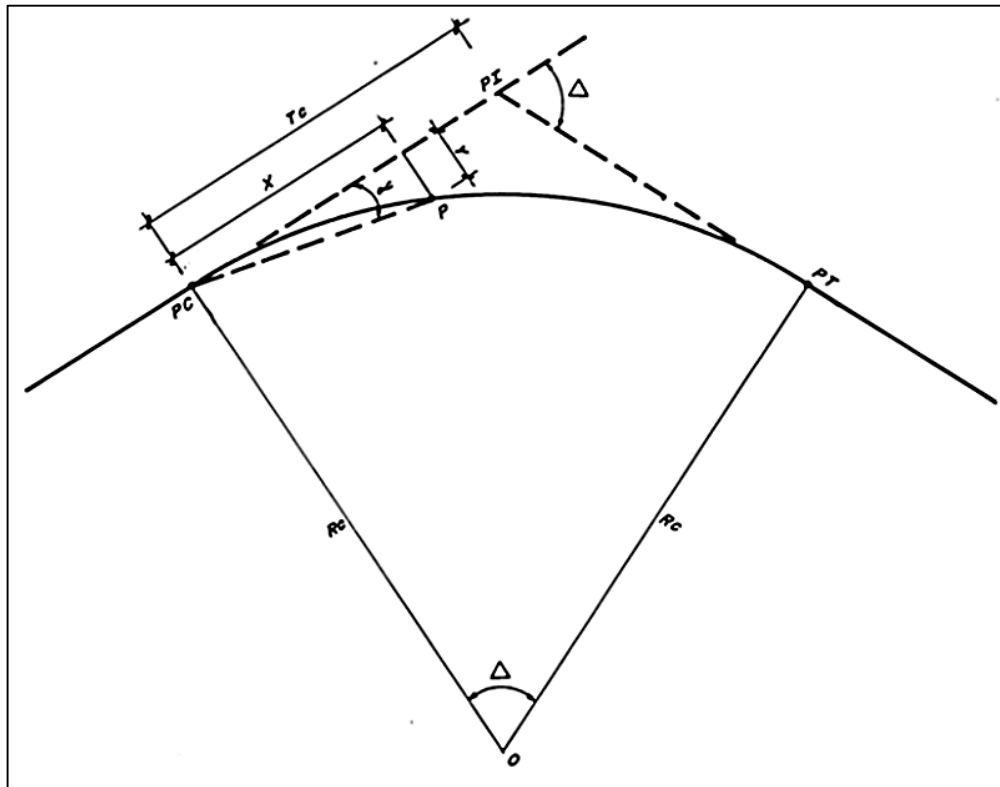


Figura 11: Curva simple.

(Benítez & Medina, 2000)

*Dónde:*

*PC: punto de cambio de tangente a circular*

*PT: punto de cambio de circular a tangente*

*$\Delta$ : ángulo de inflexión en el PI, igual al ángulo central que subtiende a toda la curva circular*

*$R_c$ : radio de la curva circular simple*

*$\alpha$ : ángulo de desviación de la curva circular en el PC o PT, desde la tangente inicial a un punto de la curva*

*$T_c$ : distancia total de la tangente de una curva circular, distancia entre el PI y el PC o distancia entre el PI y el PT*



*y: ordenada a la tangente de cualquier punto de la curva circular simple con referencia al PC o PT y la tangente inicial.*

*x: abscisa sobre la tangente inicial de cualquier punto de la curva circular simple, con referencia al PC o PT y la tangente inicial.*

La expresión matemática siguiente expresa la relación entre la tasa de sobreelevación, la fricción lateral, la velocidad de diseño y el radio de curva.(NEVI, 2012)

$$e + f = \frac{v^2}{254} f \text{ (metros)}$$

Ecuación 2.

*Dónde:*

*e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal*

*f = factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.*

*v = velocidad de diseño, en km/h*

*R = radio de curva, en m.*

#### **4.1.1.1 FACTOR MÁXIMO DE FRICCIÓN LATERAL Y TASA DE SOBREELEVACIÓN O PERALTE**

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras con variaciones entre 0.17 y 0.10 en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras rurales y urbanas con velocidades comprendidas entre 30 y 110 km/h, entre 0.33 y 0.15 para tramos de giro en intersecciones a velocidades de 20 a 70 km/h.(AASHTO, 2001). En la siguiente Tabla se muestra la tasa de sobreelevación según el tipo de área.

**Tabla 14:** Tasa de sobreelevación.

<b>TASA DE SOBREELEVACIÓN “e” EN (%)</b>	<b>TIPO DE ÁREA</b>
10	RURAL MONTAÑOSA
8	RURAL PLANA
6	SUBURBANA
4	URBANA

(AASHTO, 2001)

#### 4.1.1.2 RADIOS MÍNIMOS Y SUS CORRESPONDIENTES GRADOS MÁXIMOS DE CURVA

Se define como radios mínimos: “los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relación con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño”(MTOP, 2013)

$$R = \frac{v^2}{(127(e + f))}$$

Ecuación 3.

*Dónde:*

*R = Radio mínimo de curva, m*

*e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal*

*f = factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.*

*v = velocidad de diseño km/h*

Por otra parte el grado de curvatura se define como: “el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies o de 20 metros” (MTOP, 2013)

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

Ecuación 4.

**Tabla 15:** *Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.*

VEL. DE DISEÑO (KM/H)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	PERALTE MÁXIMO 4%			PERALTE MÁXIMO 6%		
		RADIO (M)		GRADO DE CURVA	RADIO (M)		GRADO DE CURVA
		CALC.	RECO.		CALC.	RECO.	
30	0.17	33.7	35	32°44'	30.8	30	38°12'
40	0.17	60.0	60	19°06'	54.8	55	20°50'
50	0.16	98.4	100	11°28'	89.5	90	12°44'
60	0.15	149.2	150	7°24'	135.0	135	8°29'
70	0.14	214.3	215	5°20'	192.9	195	5°53'
80	0.14	280.0	280	4°05'	252.0	250	4°35'
90	0.13	375.2	375	3°04'	335.7	335	3°25'

100	0.12	492.1	490	2°20'	437.4	435	2°38'
110	0.11	635.2	635	1°48'	560.4	560	2°03'
120	0.09	872.2	870	1°19'	755.9	775	1°29'
VEL. DE DISEÑO (KM/H)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	PERALTE MÁXIMO 8%			PERALTE MÁXIMO 10%		
		RADIO (M)		GRADO DE CURVA	RADIO (M)		GRADO DE CURVA
		CALC.	RECO.		CALC.	RECO.	
30	0.17	28.3	30	38°12'	26.2	25	45°50'
40	0.17	50.4	50	22°15'	46.7	45	25°28'
50	0.16	82.0	80	14°19'	75.7	75	15°17'
60	0.15	123.2	120	9°33'	113.4	115	9°58'
70	0.14	175.4	175	6°33'	160.8	160	7°10'
80	0.14	229.1	230	4°59'	210.0	210	5°27'
90	0.13	303.7	305	3°46'	277.3	275	4°10'
100	0.12	393.7	395	2°54'	357.9	360	3°11'
110	0.11	501.5	500	2°17'	453.7	455	2°31'
120	0.09	667.0	665	1°43'	596.8	595	1°56'

(NEVI, 2012)

#### 4.1.1.3 CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN

Se denominan curvas de transición a “aquellas curvas que se colocan en los extremos de las curvas circulares simples, de forma tal que el cambio de curvatura entre el tramo recto y el arco circular sea suave y gradual y que la supe relevación en todos sus puntos este acorde con el grado de curvatura.”(Benítez & Medina, 2000)

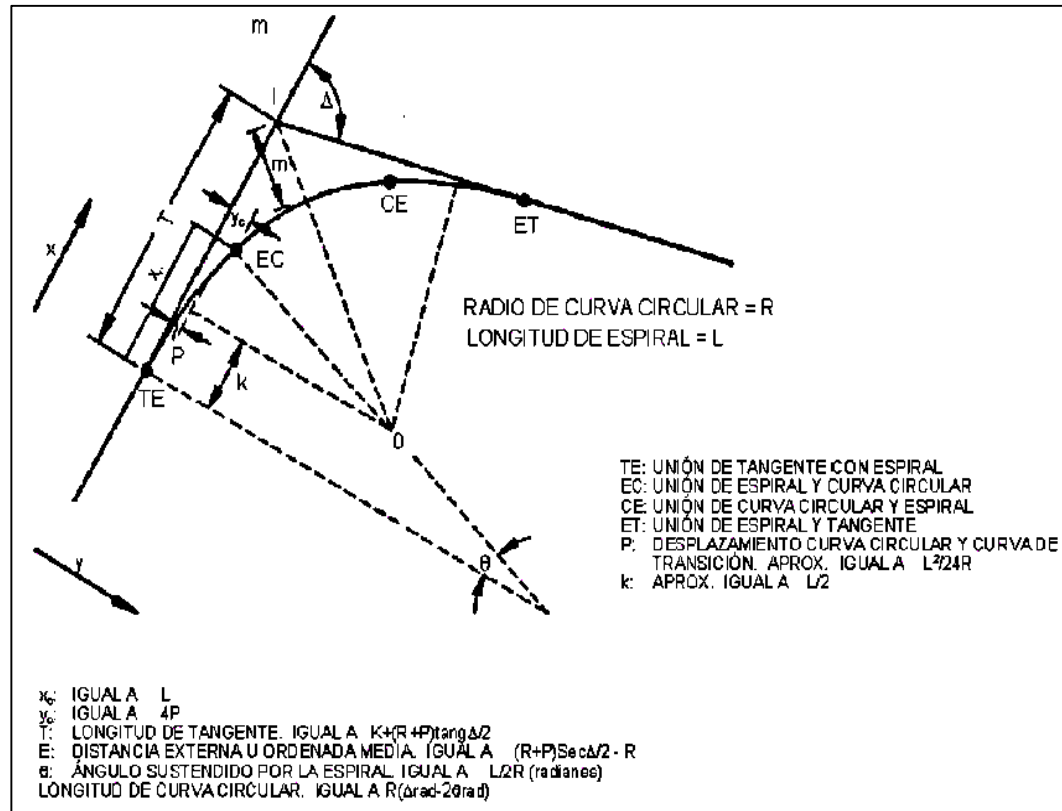


Figura 12: Componentes de la curva circular y espirales.

(MTOP, 2013)

Las curvas de transición más usuales son clotoide, Lemniscata de Bernoulli y espiral cúbica, las cuales se definen:

- Clotoide: En la cual se cumple que el radio de curvatura es inversamente proporcional a su longitud.
- Lemniscata de Bernoulli: En la cual se cumple que el grado de curvatura es directamente proporcional al radio vector.
- Espiral cúbica: Es una curva dada por las mismas expresiones de la clotoide, pero despreciando algunos términos.

La anterior figura muestra los componentes de la curva circular y espirales y la ecuación correspondiente muestra la fórmula para el cálculo de longitud mínima de transición de espiral:

$$Le = 0.0702 \left( \frac{V^3}{RC} \right)$$

*Dónde:*

$V$  = velocidad en kilómetros por hora

$R$  = radio central de la curva, en metros

$C$  = Tasa de incremento de la aceleración centrípeta ( $m/seg^3$ ) (valores que varían entre 1 y 3)

En la siguiente tabla se presenta las longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles en metros.

**Tabla 16:** Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles, en metros.

PERALTE	LONGITUD DE TRANSICIÓN Y VELOCIDADES DE DISEÑO KM/H							
	40	50	60	70	80	90	100	110
<b>CARRILES DE 3,65 METROS</b>								
0,02	25	30	35	40	50	55	60	65
0,04	25	30	35	40	50	55	60	65
0,06	35	35	40	40	55	55	60	65
0,08	45	45	50	55	60	60	65	70
0,1	55	55	60	65	75	75	80	85
0,12	65	65	75	80	90	90	95	105

(MTOP, 2013)

#### 4.1.1.4 SOBRE ANCHOS EN CURVAS

La Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP del Ministerio de Transporte y obras públicas del Ecuador establece las siguientes consideraciones para establecer el sobre ancho en curvas:

a) “En curvas circulares sin transición, el sobre ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.

b) Cuando existen curvas de transición, el sobre ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.



c) El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificador sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 m.

d) Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.” (MTOP, 2013)

#### **4.1.1.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA**

Para el diseño geométrico de un proyecto son dos datos importantes a tener en consideración: La distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de adelantamiento. La distancia de visibilidad de parada se define como la distancia que un conductor requiere mientras su vehículo está en marcha y percibe un objeto imprevisto o surge una situación de peligro en su recorrido hasta detener su vehículo. La geometría de una carretera debe diseñarse con ésta distancia de visibilidad mínima.

Denominada con  $D$ , la distancia de visibilidad de parada, tiene dos componentes, la distancia de percepción y reacción del conductor (que depende de la habilidad del conductor y su estado de alerta), que se denomina con  $d_1$ , más la distancia de frenado, que se denomina  $d_2$ . La primera es la distancia que se recorre con el vehículo desde la percepción de un objeto imprevisto o una situación de peligro en el recorrido hasta la aplicación del pedal del freno, la segunda es la distancia necesaria después de la acción anterior para detener el vehículo, Figura siguiente. Así mismo se define como el tiempo de reacción para actuar los frenos, como el intervalo desde la percepción de un objeto o una situación imprevista hasta la aplicación del pedal del freno. Diversos estudios han determinado un tiempo de reacción de 2.5 segundos para situaciones más adversas, tomando en consideración los cuatro componentes de la reacción en respuesta de un estímulo, que son: percepción, intelección, emoción y voluntad, conocidos por sus iniciales PIEV.

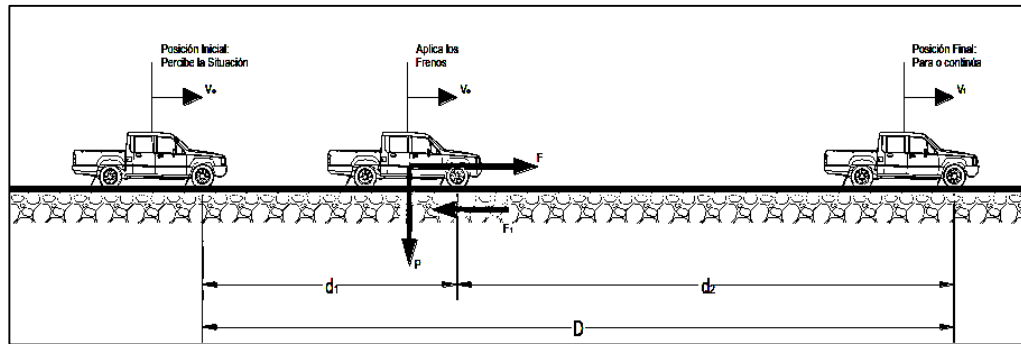


Figura 13: Distancia de parada.

(MTOP, 2013)

El primer componente de la distancia de visibilidad de parada,  $d_1$ , se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$d_1 = 0.278 vt \text{ (metros)}$$

Ecuación 6.

Dónde:

$v$  = velocidad inicial, km/h

$t$  = tiempo de percepción y reacción (2.5 seg)

El segundo componente de la distancia de visibilidad de parada,  $d_2$ , se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$d_2 = \frac{v^2}{254} f \text{ (metros)}$$

Ecuación 7.

Dónde:

$v$  = velocidad inicial, km/h

$f$  = coeficiente de fricción longitudinal entre la superficie de rodamiento y la llanta.

El factor  $f$  no es un valor único, sino un valor experimental que decrece en proporción inversa a las velocidades y con influencia de las siguientes variables está sujeto a cambios:

- Espesor y diseño de la huella de la llanta, dureza del material de la huella y resistencia a la deformación.
- Tipos y condiciones de superficies de rodamiento de las carreteras.
- Condiciones meteorológicas



- Eficiencia de los frenos y del sistema de frenos del vehículo

Los valores de  $f$  de la Tabla 15, están referidos a pavimentos con calzadas húmedas, llantas en diferentes condiciones de desgaste y diferencias en las calidades de los vehículos y pericia de los conductores, reflejando de ésta manera las condiciones más adversas. Otra referencia para escoger los valores apropiados para el factor  $f$ , son las velocidades promedio de ruedo, en lugar de las velocidades de diseño. La siguiente ecuación introduce una modificación del denominador de la fórmula anterior, para tomar en cuenta el efecto de las pendientes

$$d_2 = \frac{v^2}{254} (f + G)$$

Ecuación 8.

*Dónde:*

$G$  = Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada.

Las distancias de velocidad de parada en subida se calculan utilizando el promedio de la velocidad de marcha o ruedo, porque tienen menor longitud que las distancias de visibilidad en bajada, las cuales se calculan utilizando la velocidad de diseño. La Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP del Ministerio de Transporte y obras públicas del Ecuador reproduce Tablas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), en las que se detallan las distancias de visibilidad de parada y de decisión. La siguiente Tabla muestra estas distancias para terreno llano, en pendiente de bajada o subida y para decisión de maniobras.

a) En terreno plano

**Tabla 17:** Distancias de visibilidad de parada y de decisión terreno plano.

VEL. DE DISEÑO	VEL. DE MARCHA	TIEMPO DE PERCEPCIÓN Y REACCIÓN		COEFICIENTE DE FRICCIÓN	DISTANCIA DE FRENADO	DISTANCIA DE PARADA
KM/H	KM/H	TIEMPO (S)	DISTANCIA (M)	$f$	(M)	(M)
30	30 – 30	2.5	20.8 – 20.8	0.40	8.8 – 8.8	30 – 30
40	40 – 40	2.5	27.8 – 27.8	0.38	16.6 – 16.6	45 – 45
50	47 – 50	2.5	32.6 – 34.7	0.35	24.8 – 28.1	57 – 63
60	55 – 60	2.5	38.2 – 41.7	0.33	36.1 – 42.9	74 – 85



70	67 – 70	2.5	43.8 – 48.6	0.31	50.4 – 62.2	94 – 111
80	70 – 80	2.5	48.6 – 55.6	0.30	64.2 – 83.9	113 – 139
90	77 – 90	2.5	53.5 – 62.4	0.30	77.7 -106.2	131 – 169
100	85 – 100	2.5	59.0 – 69.4	0.29	98.0 – 135.6	157 – 205
110	91 – 110	2.5	63.2 – 76.4	0.28	116.3 – 170.0	180 – 246

(AASHTO, 2001)

b) En Pendiente de bajada y subida

**Tabla 18:** Distancias de visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.

VEL. DE DISEÑO	DISTANCIA DE PARADA EN BAJADA (M)			DISTANCIA DE PARADA EN SUBIDA (M)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
KM/H						
30	30.4	37.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

(AASHTO, 2001)

c) Decisión para evitar maniobras

**Tabla 19:** Decisión para evitar maniobras.

VELOCIDAD DE DISEÑO	DISTANCIA DE DECISIÓN PARA EVITAR LA MANIOBRA (M)				
	a	b	c	d	e
KM/H					
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

(AASHTO, 2001)

#### 4.1.1.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

La distancia de adelantamiento se define como “la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto” (Ministerio de Fomento, España, 2016) La distancia de visibilidad de adelantamiento es la sumatoria de las cuatro distancias separadas que se muestran en la figura siguiente:

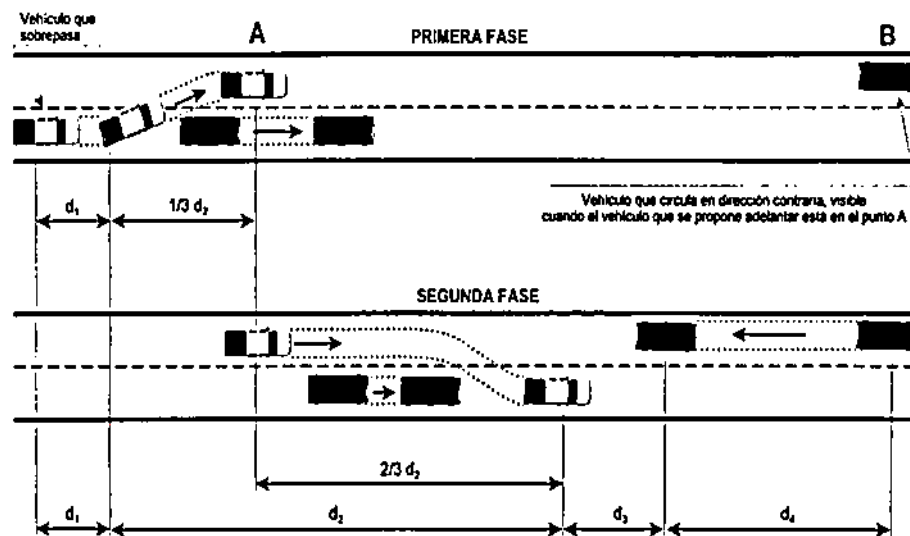


Figura 14: Etapas de la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles.

(MTOP, 2013)

Para calcular distancia preliminar de demora ( $d_1$ ) utilizaremos:

$$d_1 = 0.278 t_1 \left( v - m + a \frac{t_1}{2} \right)$$

Ecuación 9.

Dónde:

$v$  = velocidad promedio del vehículo que rebasa, kilómetros por hora

$t_1$  = tiempo de maniobra inicial, segundos.

$a$  = aceleración promedio del vehículo que efectúa el rebase, en Km/h/seg durante el inicio de la maniobra

$m$  = diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa, km/h



Para calcular distancia de adelantamiento ( $d_2$ ) utilizaremos:

$$d_2 = 0.278 vt_2$$

Ecuación 10.

*Dónde:*

$v$  = velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, km/h

$t_2$  = tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

( $d_3$ ) Distancia de seguridad con valores de entre 35 y 90 m, ( $d_4$ ) Distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario, 2/3 de la distancia  $d_2$ . En las siguientes Tablas se representa la distancia de visibilidad de adelantamiento de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP.

- a) Distancias Mínimas de diseño para carreteras rurales de dos carriles, en vías públicas del Ecuador.

**Tabla 20:** Distancias de visibilidad de adelantamiento.

VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H	VELOCIDADES KM/H		DISTANCIA MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO (M)
	VEHÍCULO REBASADO	VEHÍCULO QUE REBASA	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

(AASHTO, 2001)

- b) Parámetros Básicos

**Tabla 21: Parámetros Básicos.**

<b>VELOCIDAD PROMEDIO DE ADELANTAMIENTO (KM/H)</b>	50 – 65	66 – 80	81 – 95	96 – 110
<b>MANIOBRA INICIAL A= ACCELERACIÓN PROMEDIO (KM/H/S)</b>	2,25	2,3	2,37	2,41
<b>T1=TIEMPO (S)</b>	3,6	4	4,3	4,5
<b>D1= DISTANCIA RECORRIDA (M)</b>	45	65	90	110
<b>OCUPACIÓN CARRIL IZQUIERDO</b>				
<b>T2=TIEMPO (S)</b>	9,3	10	10,7	11,3
<b>D2= DISTANCIA RECORRIDA (M)</b>	145	195	250	315
<b>LONGITUD LIBRE</b>	30	55	75	90
<b>D3= DISTANCIA RECORRIDA (M)</b>				
<b>VEHÍCULO QUE SE APROXIMA: D4=DISTANCIA RECORRIDA (M)</b>	95	130	165	210
<b>DISTANCIA TOTAL: D1+D2+D3+D4</b>	315	445	580	725

(AASHTO, 2001)

## 4.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

### 4.1.2.1 CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales están definidas como “aquellas curvas que se introducen en el perfil longitudinal de la vía en los lugares en que ocurren cambios de la pendiente de la rasante del eje de la carretera; su objetivo es lograr una transición gradual y cómoda de una pendiente de la rasante a otra”. Las curvas verticales parabólicas se clasifican en simétricas y asimétricas, en donde las curvas son simétricas si la longitud hacia la izquierda del punto vertical es igual a la longitud hacia la derecha, como se observa en la siguiente Figura.

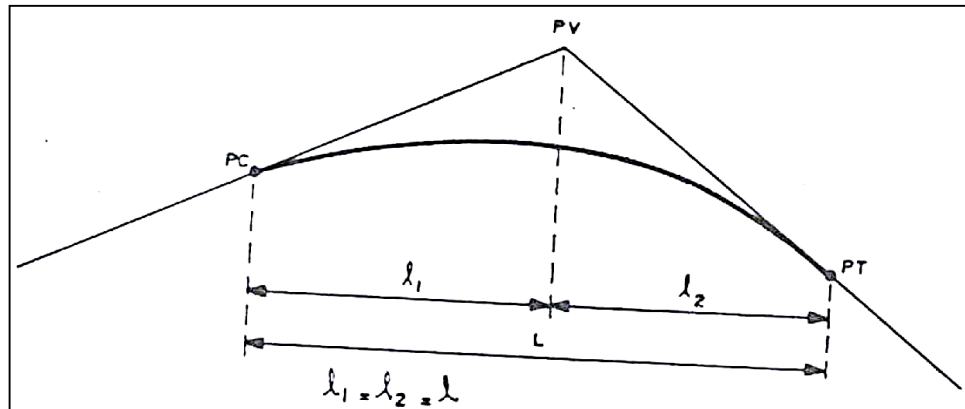


Figura 15: Curva vertical simétrica.

(NEVI, 2012)

Las curvas son asimétricas si la longitud hacia la izquierda del punto vertical es mayor que la longitud hacia la derecha, como se observa en la siguiente Figura.

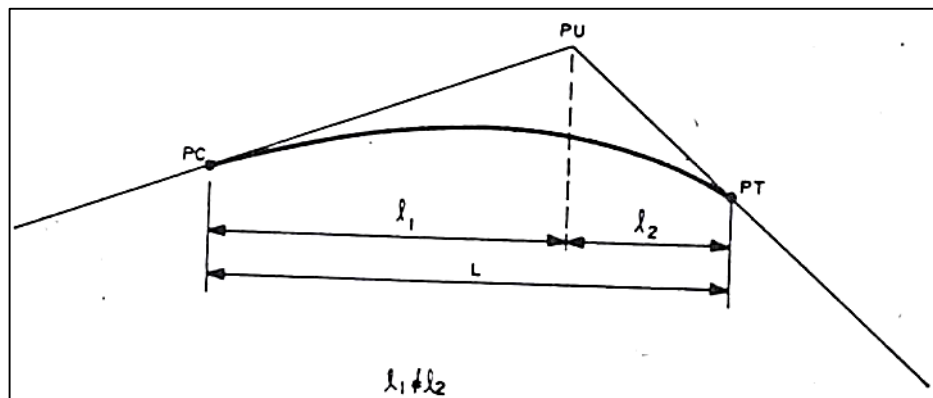


Figura 16: Curva vertical asimétrica.

(NEVI, 2012)

Para determinar la longitud vertical se presenta la siguiente ecuación y Tabla que muestra el de índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa y para curva vertical cóncava.

$$L = KA$$

Ecuación 11.

**Tabla 22:** Índice  $K$  para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

VELOCIDAD (KM/H)	LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE FRENADO		LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	
	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO (M)	ÍNDICE DE CURVATURA K	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (M)	ÍNDICE DE CURVATURA K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

(MTOP, 2013)

**Tabla 23:** Índice  $K$  para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

VELOCIDAD (KM/H)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO (M)	ÍNDICE DE CURVATURA K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

(MTOP, 2013)

#### 4.1.2.2 PENDIENTES

En la siguiente Tabla se expone las pendientes máximas en los diferentes relieves.

**Tabla 24:** Pendientes máximas en función del terreno.

OROGRAFÍA	TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTAÑOSO	TERRENO ESCARPADO
VELOCIDAD	PENDIENTE			
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12

40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

(MTOP, 2013)

## 4.2 ESTUDIO TRÁFICO

### 4.2.1 CONTEOS VEHICULARES

Conteos Manuales: proporcionan información importante en periodos cortos sobre la composición del tráfico, también sobre los giros en las intersecciones que es muy importante al momento de realizar el diseño, permitiendo obtener una clasificación final de distintos tipos de vehículos. Conteos Automáticos: nos permite obtener el volumen total de tráfico para un periodo determinado, se realiza mediante instrumentos que registran pulsos que son contabilizados como ejes totales, o los sistemas más avanzados que clasifican el tránsito de acuerdo a dirección, longitud, rangos de velocidad, numero de ejes, se utilizan para periodos largos de medición. Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales(Louis Berger International , 2003)

### 4.2.2 CÁLCULO DE TRÁFICO ATRAÍDO

Es el tráfico atraído desde otras carreteras o modos de transporte, debido a las ventajas que presenta la vía nueva, en el tiempo y costo de los viajes. Para una carretera nueva, no hay tránsito actual, éste se tendrá que determinar a partir de estadísticas, datos de estaciones de peaje. En consecuencia, se ha establecido que el volumen de tráfico generado será igual a un porcentaje de tráfico normal que se espera en el primer año de vida del proyecto. Para evitar estimaciones muy altas, se establece como límite máximo de incremento por tráfico generado el correspondiente a un 20 por ciento del tráfico normal para el primer año de operación del proyecto, para el resto de años, se estima que el trafico crecerá a la misma tasa que el tráfico normal(Louis Berger International , 2003)



### 4.2.3 CÁLCULO DE TPDA

Para la obtención del TPDA, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por un punto de referencia mediante mediciones continuas, pero muchas veces esta información es difícil de obtener por los costos que representa. Para ello se obtienen muestras de datos que mediante ciertos análisis permiten generalizar el comportamiento de la población vehicular. Por lo dicho anteriormente; el tránsito promedio diario anual (TPDA), se estima con base en el tránsito promedio diario semanal (TPDS) como sigue

$$TPDA = TPDS \pm A$$

$$A = K \cdot E$$

Ecuación 12.

*Dónde:*

$K$  = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado

$E$  = error estándar de la media.

$$E = \hat{\sigma}$$

$\hat{\sigma}$  = Estimador de la desviación estándar poblacional

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} \left( \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$S$  = desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral

$n$  = tamaño de la muestra en número de días de aforo.

$N$  = tamaño de la población en número de días del año

$TD_i$  = volumen de tránsito del día  $i$

$$TPDA = TPDS \pm K \hat{\sigma}$$

Para niveles de confianza del 90% y 95%, los valores de la constante  $k$  son 1.64 y 1.96, respectivamente.

#### 4.2.4 PROYECCIÓN DEL TRÁFICO

La proyección del tráfico de diseño, se basa en el tráfico actual, proyectado a 15 o 20 años. TRAFICO EXISTENTE: Es el tráfico que usa la vía antes de las mejoras y se obtiene a través de conteos. TRAFICO DESVIADO: O también tráfico atraído, que viene de otras carreteras y medios de transporte una vez que entra en funcionamiento la nueva vialidad. Para carreteras nuevas, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado o atraído desde otras carreteras o medios de transporte y más adelante por el tráfico inicial debido al desarrollo del área de influencia del proyecto (Louis Berger International , 2003).

#### 4.2.5 SELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE LA VÍA

La selección de la sección típica de las vías depende en gran medida del volumen proyectado de tráfico. El manual de diseño de carreteras MTOP 2003, presenta los anchos de secciones típicas de acuerdo al TPDA para la vía en estudio en las siguientes tablas:

**Tabla 25:** *Anchos de la calzada.*

CLASE DE CARRETERA	ANCHO DE CALZADA (M)	
	RECOMENDABLE	ABSOLUTO
R-I o R-II > 8000 TPDA	7,30	7,30
I 3000 a 8000 TPDA	7,30	7,30
II 1000 a 3000 TPDA	7,30	6,50
III 300 a 1000 TPDA	6,70	6,00
IV 100 a 300 TPDA	6,00	6,00
V MENOS DE 100 TPDA	4,00	4,00

(Louis Berger International , 2003)

**Tabla 26:** *Gradiente transversal para espaldones.*

CLASE DE CARRETERA	TIPOS DE SUPERFICIE (M)	GRADIENTE TRANSVERSAL %
R-I o R-II > 8000 TPDA	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DTSB) o CARPETA	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DTSB) o SUPERFICIE ESTABILIZADA	4,00

III 300 a 1000 TPDA	SUPERFICIE ESTABILIZADA, GRAVA	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. o CAPA GRANULAR	4,00

(Louis Berger International , 2003)

**Tabla 27:** Clasificación de superficies de rodadura.

CLASE DE CARRETERA	TIPOS DE SUPERFICIE (M)	GRADIENTE TRANSVERSAL (PORCENTAJES)
R-I o R-II > 8000 TPDA	ALTO GRADO ESTRUCTURAL: CONCRETO ASFALTICO U HORMIGÓN	1,5-2
I 3000 a 8000 TPDA	ALTO GRADO ESTRUCTURAL: CONCRETO ASFALTICO U HORMIGÓN	1,5-2
II 1000 a 3000 TPDA	GRADO ESTRUCTURAL INTERMEDIO	2,00
III 300 a 1000 TPDA	BAJO GRADO ESTRUCTURAL: DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO D.T.S.B.	2,00
IV 100 a 300 TPDA	GRAVA o D.T.S.B.	2,5-4*
V MENOS DE 100 TPDA	GRAVA, EMPEDRADO, TIERRA	4
* PARA CAMINOS VECINALES TIPO 5 Y 5E		

(Louis Berger International , 2003)

### 4.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### 4.3.1 MÉTODOS PARA CALCULAR UNA CRECIDA DE DISEÑO

Dependiendo de la información hidrológica disponible y de las características de la cuenca, existen varias alternativas, que serán nombradas y ligeramente descritas las utilizadas en el presente proyecto, ya que estas son las que nos permitirán definir o calcular la crecida de diseño para las distintas obras hidráulicas. La crecida de diseño asocia la probabilidad de ocurrencia en una determinada cantidad de años las distintas magnitudes de las crecidas, para lo que se ocupan los siguientes procedimientos:

#### 4.3.1.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS

En este caso se requiere contar con datos e información del punto de interés, esta información será relevante, adecuada y precisa, y la calidad de los resultados dependerá de la consistencia, precisión y representatividad de los datos tomados en campo.

#### 4.3.1.2 MÉTODOS REGIONALES

MODELOS DE PRECIPITACIÓN – ESCORRENTÍA.- Estos requieren la definición de una tormenta de diseño, lo cual es complicado precisar cuantitativamente las propiedades de la tormenta, a veces se contará con la información del lugar pero en otros casos deberá utilizar procedimientos aproximados que simulen tormentas parecidas ya que no existe información detallada en el lugar de estudio. Existen tres procedimientos, el método racional, la hidrógrafa unitaria y los métodos hidrometeorológicos.

##### a) EL MÉTODO RACIONAL

Es un método utilizado para determinar el caudal máximo de crecida para cuencas pequeñas en función de los datos de precipitación del lugar, es decir que no excedan de las 400 Ha, y es expresado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Ecuación 13.

*Dónde:*

*Q= El caudal probable, en m³/seg*

*c= El coeficiente de escorrentía*

*I= La intensidad de la precipitación, en mm/h para una duración igual al tiempo de concentración*

*A= El área de la cuenca, en Ha.*

En la siguiente tabla podemos observar los distintos coeficientes de Escorrentía "c"

**Tabla 28:** *Coeficiente de Escorrentía "C"*

PENDIENTE DEL TERRENO						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACIÓN LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

(NEVI, 2012)

Para la Intensidad de la Precipitación La NEVI 12 Volumen 2B, presenta los resultados del último estudio realizado por el IHAMHI de Ecuador en el año 1999, en el que se determinó para las 35 zonas características que se han considerado en el país, de la que la vía en estudio pasa por la zona 34 como se muestra a continuación.

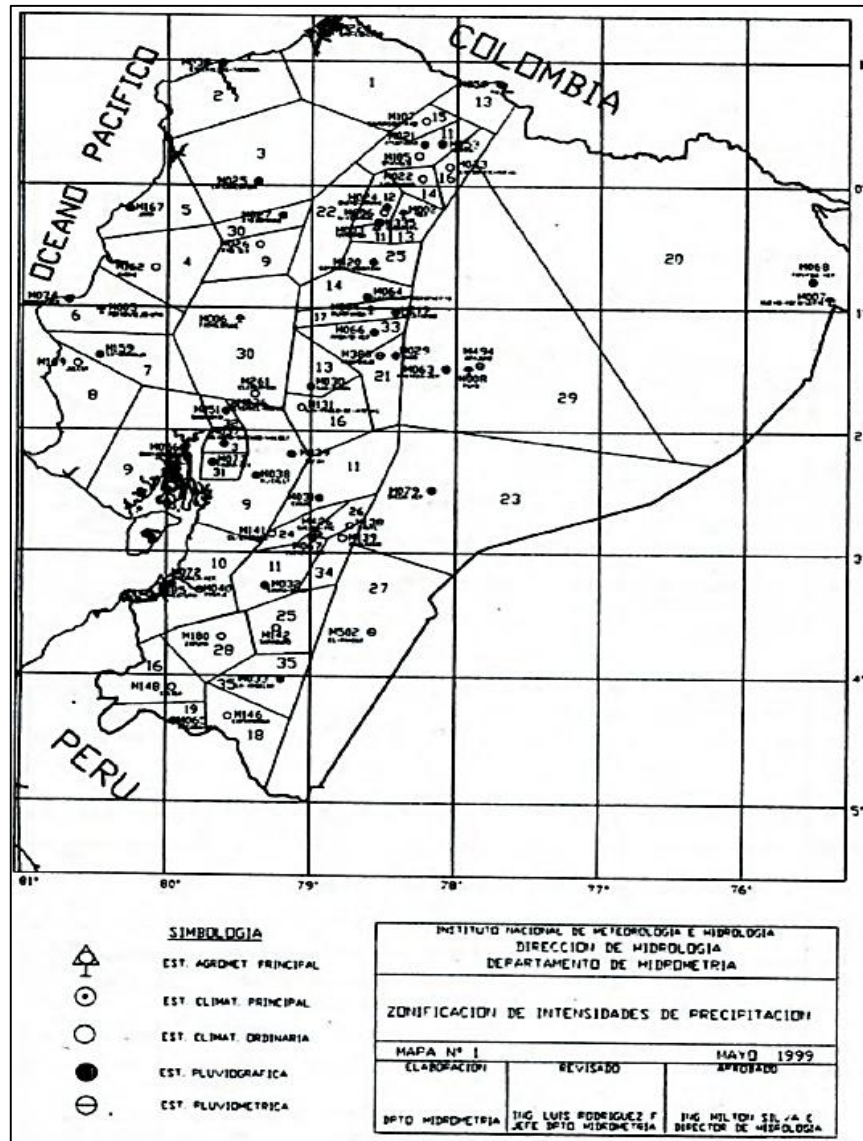


Figura 17: Zonas características.

(NEVI, 2012)

Así como también presenta las ecuaciones representativas de las distintas zonas

**Tabla 29:** Zonificación de Intensidades ecuaciones representativas.

ZONA	DURACION	ECUACION
19	5 min < 115 min	$I_{TR} = 115.98 \ t^{-0.4844} Id_{TR}$
	115 min < 1440 min	$I_{TR} = 1223.8 \ t^{-0.9751} Id_{TR}$
20	5 min < 40 min	$I_{TR} = 53.316 \ t^{-0.3021} Id_{TR}$
	40 min < 1440 min	$I_{TR} = 308.38 \ t^{-0.7782} Id_{TR}$
21	5 min < 23 min	$I_{TR} = 28.784 \ t^{-0.4507} Id_{TR}$
	23 min < 1440 min	$I_{TR} = 30.993 \ t^{-0.472} Id_{TR}$
22	5 min < 67 min	$I_{TR} = 48.772 \ t^{-0.3533} Id_{TR}$
	67 min < 1440 min	$I_{TR} = 266.64 \ t^{-0.7687} Id_{TR}$
23	5 min < 23 min	$I_{TR} = 54.246 \ t^{-0.4596} Id_{TR}$
	23 min < 1440 min	$I_{TR} = 89.858 \ t^{-0.6234} Id_{TR}$
24	5 min < 41 min	$I_{TR} = 177.26 \ t^{-0.5938} Id_{TR}$
	41 min < 1440 min	$I_{TR} = 446.46 \ t^{-0.843} Id_{TR}$
25	5 min < 60 min	$I_{TR} = 97.389 \ t^{-0.6117} Id_{TR}$
	60 min < 1440 min	$I_{TR} = 125.73 \ t^{-0.6643} Id_{TR}$
26	5 min < 120 min	$I_{TR} = 163.15 \ t^{-0.5018} Id_{TR}$
	120 min < 1440 min	$I_{TR} = 2477.3 \ t^{-1.077} Id_{TR}$
27	5 min < 46 min	$I_{TR} = 76.133 \ t^{-0.3477} Id_{TR}$
	46 min < 1440 min	$I_{TR} = 539 \ t^{-0.8634} Id_{TR}$
28	5 min < 81 min	$I_{TR} = 82.756 \ t^{-0.4722} Id_{TR}$
	81 min < 1440 min	$I_{TR} = 357.27 \ t^{-0.8077} Id_{TR}$
29	5 min < 120 min	$I_{TR} = 75.204 \ t^{-0.4828} Id_{TR}$
	120 min < 1440 min	$I_{TR} = 371.89 \ t^{-0.8152} Id_{TR}$
30	5 min < 79 min	$I_{TR} = 42.089 \ t^{-0.2952} Id_{TR}$
	79 min < 1440 min	$I_{TR} = 432.57 \ t^{-0.8304} Id_{TR}$
31	5 min < 49 min	$I_{TR} = 42.22 \ t^{-0.1828} Id_{TR}$
	49 min < 1440 min	$I_{TR} = 643.99 \ t^{-0.8852} Id_{TR}$
32	5 min < 155 min	$I_{TR} = 87.677 \ t^{-0.4796} Id_{TR}$
	155 min < 1440 min	$I_{TR} = 850.65 \ t^{-0.9257} Id_{TR}$
33	5 min < 34 min	$I_{TR} = 197.86 \ t^{-0.5556} Id_{TR}$
	34 min < 1440 min	$I_{TR} = 616.96 \ t^{-0.885} Id_{TR}$
34	5 min < 35 min	$I_{TR} = 147.98 \ t^{-0.4279} Id_{TR}$
	35 min < 1440 min	$I_{TR} = 882.9 \ t^{-0.9351} Id_{TR}$
35	5 min < 43 min	$I_{TR} = 92.854 \ t^{-0.4083} Id_{TR}$
	43 min < 1440 min	$I_{TR} = 480.47 \ t^{-0.8489} Id_{TR}$

(INHAMI, 1999)

Las obras de arte se diseñan para distintos períodos de diseño de acuerdo a la siguiente tabla, de acuerdo al tipo de carretera.



**Tabla 30:** *Periodos de diseño de obras de arte.*

<b>CARACTERÍSTICAS DE CARRETERA</b>	<b>LÍMITES DE INUNDACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (PARA TIEMPO DE CONCENTRACIÓN IGUAL A 10 MINUTOS)</b>	<b>FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO SEGÚN EL TIPO DE CARRETERA</b>
VÍAS DE CIRCULACIÓN NORMALES: A) ESPALDONES DISPUESTOS A NIVEL DE CALZADA B) ESPALDONES TRANSITABLES CON SOLERA.	HASTA EL BORDE MÁS BAJO DE LA CALZADA HASTA 1,50 M DE LA CALZADA, PERO EL AGUA NO SOBREPASARA EL ESPALDÓN DEL LADO MÁS BAJO DE LOS PERALTES	25 AÑOS PARA AUTOPISTAS O PREVISTAS COMO TALES
PARTERRE HUNDIDO	BORDE DE LA CALZADA	10 AÑOS PARA AUTOVÍAS Y CARRETERAS PRINCIPALES
PARTERRE ELEVADO CON SOLERAS	HASTA UN ANCHO DE 3,00 M DE LA PLATAFORMA SIN QUE EL AGUA LLEGUE A DESBORDAR LA SOLERA DEL PARTERRE.	
RAMPAS	HASTA UN ANCHO DE 3,00 M DE LA PLATAFORMA SIN QUE EL AGUA LLEGUE A DESBORDAR LA SOLERA O BORDE DE LA CUNETAS DEL LADO MÁS BAJO DE UN PERALTE	
RAMALES Y OTROS EMPALMES DE IMPORTANCIA SIMILAR.	IDEM A) Y B) YA CONSIGNADOS	5 AÑOS PARA CAMINOS
PUNTOS BAJOS DE LA CALZADA Y SECCIONES BAJO EL NIVEL DEL TERRENO.	HASTA UN ANCHO DE 1,50 M DE LA CALZADA INDEPENDIENTE DEL TIPO DE ESPALDÓN.	50 AÑOS PARA AUTOPISTAS 25 AÑOS PARA AUTOVÍAS Y CARRETERAS PRINCIPALES 10 AÑOS PARA CAMINOS

(NEVI, 2012)

Se utilizará para completar la Ecuación las Isolineas de intensidades de acuerdo al Período de Retorno necesario, en este caso el siguiente cuadro es para un Tr de 25 años:

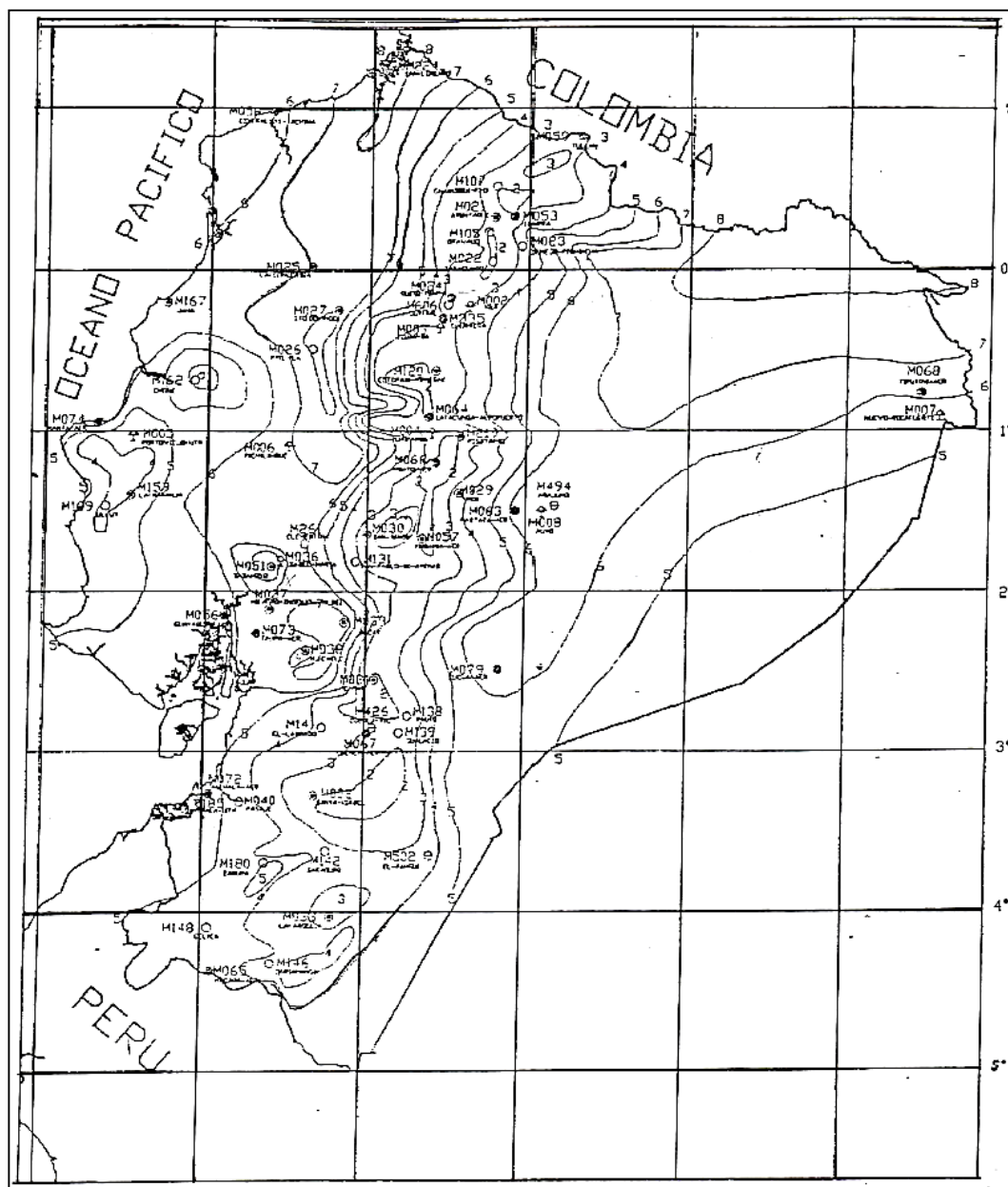


Figura 18: Periodos de retorno.

(NEVI, 2012)

#### 4.3.1.3 CALCULO DE CUNETAS

Por definición las cunetas son “canales que se construyen, en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un drenaje natural o a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera” (NEVI, 2012) Las cunetas pueden ser triangulares, rectangulares y las más usuales son las

de forma triangular, pero las dimensiones de las cunetas se deducen de los cálculos hidráulicos. Las Normas Interinas de Corpecuador (Corporación Ejecutiva para la reconstrucción de las zonas afectadas por el fenómeno de El Niño) señala la metodología de Henderson como opción para el cálculo del caudal máximo que es recolectado por metro de cuneta, mediante las siguientes ecuaciones:

$$V_o = \frac{i}{3.6 * 10^6}$$

$$a = \frac{S^{1/2}}{n}$$

$$t_e = \left( \frac{L}{a * V_o^{2/3}} \right)^{3/5}$$

$$q = a * (V_o * t)^{\frac{3}{5}} \quad \text{para } 0 < t < t_e$$

$$q_{max} = a * (V_o * t)^{\frac{3}{5}} \quad \text{para } t_e < t < d$$

Ecuación 14.

*Dónde:*

*d= duración de la lluvia (segundos)*

*i= intensidad de la precipitación en exceso (mm/h)*

*L= Longitud desde el parte aguas hasta la cuneta de intersección en m.*

*n= coeficiente de rugosidad (fórmula de Manning)*

*q= caudal unitario n el tiempo “t” (en m<sup>3</sup>/s/m)*

*Qmax= caudal unitario máximo durante el intervalo (d-te) (m<sup>3</sup>/s/m)*

*So= pendiente media de la superficie*

*t= tiempo (segundos)*

*te= tiempo de equilibrio para que se presente el qmax (segundos)*

Cabe mencionar que la velocidad del flujo en las cunetas debe ser mayor a 0,25 m/seg para evitar depósito de material de sedimentación, y la velocidad máxima para cunetas de hormigón asfáltico o de cemento portland es de 4,50m/seg para evitar la erosión.

#### 4.3.1.4 ALCANTARILLAS

Por definición las alcantarillas son “conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de la subrasante de una carretera, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, al agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos o estéreos, canales de riego, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera” Los parámetros de diseño de alcantarillas son; Área de drenaje, que se puede determinar mediante las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), o de fotografías aéreas expresar en hectáreas o km<sup>2</sup>. Las intensidades se pueden determinar mediante la información hidrológica disponible en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (IHAMHI). El período de retorno dependerá del tipo de carretera: arteriales 200 años o más, colectoras 150 años o más, vecinales 100 años o más. El tiempo de concentración se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$t_c = 0,0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Ecuación 15.

*Dónde:*

*t<sub>c</sub> = el tiempo de concentración, en min*

*L = longitud del cauce principal, en m.*

*H = el desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de descarga, en m.*

La precipitación máxima en 24 horas, se puede obtener de estaciones pluviométricas cercanas, o del mapa de Isolineas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (IHAMHI). El valor del coeficiente de escorrentía depende de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal, para determinar el caudal de diseño por medio del Método Racional. En alcantarillas debemos analizar las formas de Flujo, es decir si el escurrimiento es con control de Entrada, si  $F > 1$ , o, si es de salida si  $F < 1$  (siendo  $F$  el número de Froude) Para el caso que el control es de la entrada, debemos determinar  $H_e$ , que debe ser mayor a  $1.2 D$  (siendo  $D$ , el diámetro de la alcantarilla) Para el cálculo de alcantarillas de carreteras paralelas a un río, ubicadas

en planicies o sábanas de inundación, el método utilizado es el Método de Manning que depende de la sección y de la pendiente.

$$Q = \frac{(A)(R)^{\frac{2}{3}}(S)^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Ecuación 16.

**Tabla 31:** *Coeficiente de rugosidad "n"*

DESCRIPCIÓN	"n"
Tubos de hormigón	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos en arco:	
a) Simple o revestido	0.024
b) Solera pavimentada	0.019
Tubo de arcilla vitrificada	0.012
Tubo de hierro fundido	0.013
Alcantarilla de ladrillo	0.015
Pavimento de hormigón	0.015
Parterre de césped	0.014
Tierra	0.05
Grava	0.02
Roca	0.035
Áreas cultivadas	0.03 – 0.05
Matorrales espesos	0.07 – 0.14
Bosques espesos-poca maleza	0.10 – 0.15
Cursos de agua	
a) Algo de hierba y maleza-poco o nada de matorrales	0.03 – 0.035
b) Maleza densa	0.035 – 0.05
c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados	0.05 – 0.07

(NEVI, 2012)

#### 4.3.1.5 CUNETAS DE CORONACIÓN

Son canales excavados en el terreno natural, que se localizan aguas arriba cerca de la corona de los taludes de los cortes, con la finalidad de interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el incremento del caudal y su material de arrastre en la cuneta. La distancia mínima entre la contra cuneta y la corona del corte será de 5.00 m o igual a la altura del corte, si ésta es mayor a 5.00 m. La sección del canal estará definida

por su capacidad hidráulica, que dependerá de la frecuencia e intensidad de la precipitación pluvial en la zona, del área y de las características hidráulicas de la zona drenada. Los criterios que se aplican para determinar el caudal de diseño esperado son los mismos utilizados para el caso de cunetas. La sección de la contra cuneta, que se utiliza con más frecuencia, es al igual que la sección de las cunetas sobre taludes de relleno de forma trapecial con 0.60 ó 0.80 m de Base y taludes conformados de acuerdo con las características del terreno y la profundidad estará comprendida entre 0.40 y 0.60 m. La velocidad mínima será de 0.25 m/seg, y las velocidades máximas para evitar erosión en cunetas revestidas es: Para pendientes mayores al 2% se requiere que el canal sea revestido de concreto o enrocado, la pendiente mínima es de 0.25% en canales de tierra y de 0.12 m/seg en canales revestidos.

#### 4.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

##### 4.4.1 TOMA DE MUESTRAS IN SITU

Las prospecciones que se puedan realizar antes de la construcción del proyecto vial, proporciona datos para calcular principalmente la estabilidad de los taludes y conseguir los ángulos de inclinación de los mismos. En el manual de control de calidad en la construcción de las obras de infraestructura del transporte de la NEVI-12, en la tabla 8.8.1, recomienda los tipos de ensayos a realizar:

**Tabla 32:** *Ensayos recomendados para taludes.*

TIPO CONTROL	FINALIDAD	FRECUENCIA	IMPORTANCIA
1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO	CONOCER LOS PARÁMETROS DEL TERRENO SOBRE TODO LOS RELACIONADOS CON SU RESISTENCIA MECÁNICA Y SU ALTERABILIDAD POTENCIAL	LA CORRESPONDIENTE A CADA ENSAYO DEL CAPITULO 6	N: NECESARIO C: CONVENIENTE

2. ENSAYO DE CORTE DIRECTO	CALCULAR LA COHESIÓN Y EL ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO PARA FIJAR EL ANGULO DE TALUD.	3 DETERMINACIONES POR CADA 10000M <sup>2</sup> DE TALUD O ZONA DIFERENCIADA	C: CONVENIENTE
3. ENSAYO TRIAXIAL	ID. 2. EN DIVERSAS CODIFICACIONES DE CARGA Y DRENAJE. SUSTITUYE O COMPLEMENTA AL 2.	3. DETERMINACIONES CADA 20000M <sup>2</sup> DE TALUD O ZONA DIFERENCIADA.	C: CONVENIENTE

(NEVI, 2012)

#### 4.4.2 FACTOR DE SEGURIDAD.

La principal tarea a realizar dentro del análisis de estabilidad de taludes es sin duda la determinación del factor de seguridad, que se define de la siguiente manera:

FSs = Factor de seguridad con respecto a la resistencia

Resistencia cortante promedio del suelo

$\tau d ==$  Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.(Das, 1994)

#### 4.4.3 TALUDES INFINITOS SIN INFILTRACIÓN

Un talud infinito es aquel cuya longitud es mucho mayor que a su altura, se producen deslizamientos de gran magnitud de forma aproximadamente paralela a la superficie del terreno. El movimiento de la masa de tierra es controlado ya sea por una capa de roca o una capa de suelo poco resistente, en tales condiciones, la falla se presenta a poca profundidad de la superficie.

$$FSs = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\tan \varphi}{\tan \beta}$$





*Donde:*

$c$  = *Cohesión del suelo.*

$\beta$  = *Ángulo del talud con respecto a la horizontal.*

$\gamma$  = *Peso específico del suelo*

$\varphi$  = *Ángulo de fricción.*

Para suelos con cohesión y fricción, es posible encontrar la profundidad del plano de falla igualando  $FS_s = 1$ , lo cual nos dará la altura crítica del talud ( $H_{cr}$ ). (Das, 1994)

#### **4.4.4 TALUDES FINITOS CON SUPERFICIE DE FALLA CIRCULAR.**

Existen los siguientes modos de falla de los taludes:

- a) FALLA DE TALUD. - La superficie de deslizamiento intersecta al talud arriba de su pie. Se llama círculo de pie, si éste pasa por el pie del talud, y círculo de talud si pasa arriba de la punta del talud.
- b) FALLA DE BASE. - Ocurre cuando la superficie de deslizamiento pasa a una distancia debajo del pie del talud, y su círculo de falla se denomina círculo de medio punto.

Existen dos tipos de procedimientos para el análisis de estabilidad de taludes:

- a) Métodos de masa (se toma como una unidad de masa de suelo homogéneo)
- b) Métodos de dovelas (se considera la presión de poro y la no homogeneidad del suelo) (Das, 1994)

#### **4.4.5 MÉTODO DE LAS DOVELAS (MÉTODO ORDINARIO)**

Consiste en dividir en varias dovelas verticales el suelo que se halla sobre la superficie de falla que se está probando, las fuerzas que actúan sobre la  $n$  ésima dovela son las componentes normal y tangencial  $N_r$  y  $T_r$  de la reacción  $R$ , las fuerzas normales que actúan sobre los lados de las dovelas  $P_n$  y  $P_{n+1}$ , las fuerzas cortantes que actúan sobre los lados de las dovelas son  $T_n$  y  $T_{n+1}$ , estas últimas,

las fuerzas que actual sobre los lados son de difícil determinación, sin embargo, se hace la suposición que su resultante son iguales en magnitud y coinciden en su línea de acción por tanto se anulan.(Das, 1994). Se supone que la presión de poro del agua es igual a cero.

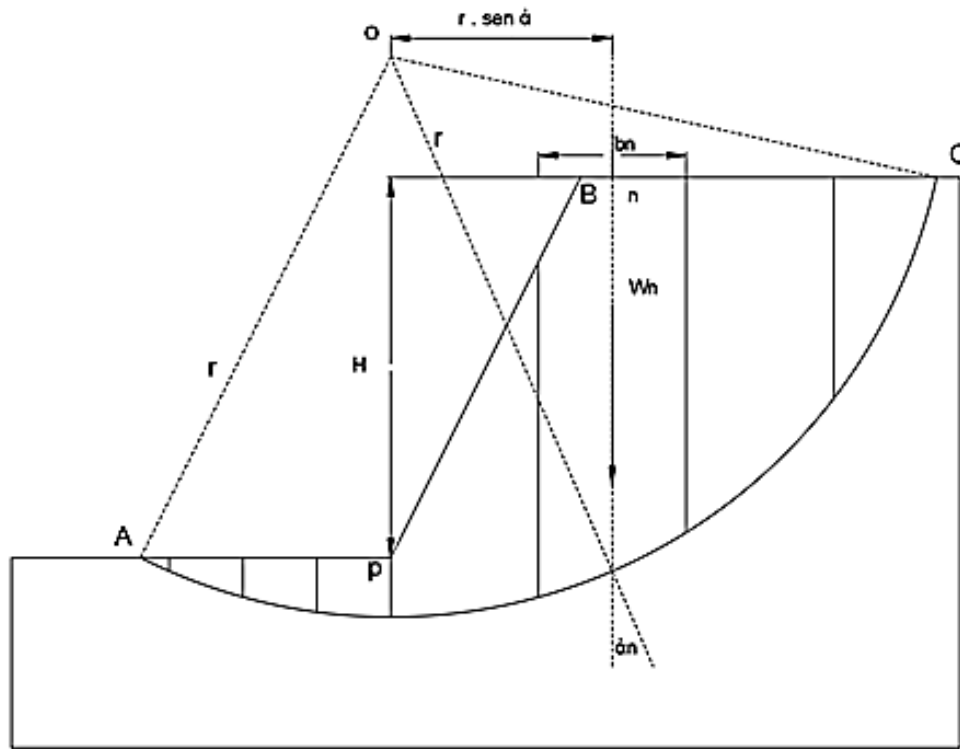


Figura 19: Método de las dovelas.  
(Das, 1994)

#### 4.4.6 FACTOR DE SEGURIDAD

Por equilibrio en cada una de las dovelas, resulta la siguiente expresión para el cálculo del factor de seguridad:(Das, 1994)

$$FSS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot \Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \cdot \sin \alpha_n}$$

$$\Delta L_n = \frac{b_n}{\cos \alpha_n}$$

Ecuación 18.

#### 4.4.7 MÉTODO SIMPLIFICADO DE BISHOP

A diferencia del método anterior, en este método se toma en consideración el efecto de las fuerzas sobre los lados de cada dovela. Realizando las operaciones de equilibrio tenemos la siguiente expresión para el factor de seguridad:

$$FSs = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot bn + Wn \cdot \tan \alpha_n) \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} Wn \cdot \sec \alpha_n}$$

Ecuación 19.

*Dónde:*

$$m_{\alpha(n)} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{FSs}$$

Como se puede observar, la expresión para el factor de seguridad es implícita, por lo tanto requiere un procedimiento iterativo para su resolución. (Das, 1994)

#### 4.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se conoce como pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben directamente las cargas de tráfico es por esta razón que se necesita calcular el número de vehículos que sobrepasan estos estratos superpuestos conformando una estructura de soporte de rodamiento la cual debe funcionar eficientemente. El pavimento deberá tener una resistencia adecuada al tráfico, de la intemperie y por supuesto del agua. Los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad es por esta razón que materiales con mayor capacidad de carga en las partes superiores. En el proceso constructivo existen dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

##### 4.5.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

El pavimento rígido:

- Se compone de losas de concreto hidráulico
- Algunas ocasiones presenta un armado de acero



- Costo inicial más elevado que el flexible
- Periodo de vida varía entre 20 y 40 años
- Mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa comúnmente en las juntas de las losas.

El pavimento flexible:

- Compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.
- Resulta más económico en su construcción inicial.
- Periodo de vida de entre 10 y 15 años
- Desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

Se debe tomar en consideración algunos ensayos necesarios para cada una de las capas a utilizarse en la estructura

#### **4.5.2 TERRAPLÉN Y SUBRASANTE**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Peso volumétrico seco máximo y grado de compactación

#### **4.5.3 BASE Y SUB-BASE**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Valor cementante, índice de durabilidad, equivalente de arena y expansión, adherencia con asfalto.

#### **4.5.4 CARPETA ASFÁLTICA**

- Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg
- Control. Adherencia con asfalto, equivalente de arena, intemperismo, forma de la partícula, desgaste, densidad y absorción. Marshall.

Cuando se tiene un CBR de características malas se recomienda realizar los siguientes procesos:

#### 4.5.4.1 ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DEL MATERIAL

La estabilización consiste en agregar un producto químico o aplicar un tratamiento físico logrando así que se modifiquen las características de los suelos. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad. Las tres formas de lograrlo son las siguientes:

##### a) FÍSICAS.

- Mezclas de suelos (común).
- Geo textiles (común).
- Vibro flotación (mecánica de suelos). Consolidación previa.

##### b) QUÍMICAS.

- Cal. Económica para suelos arcillosos (disminuye plasticidad)
- Cemento Portland para arenas o gravas finas (aumenta la resistencia)
- Productos asfálticos. Para material triturado sin cohesión (emulsión, muy usada)
- Cloruro de sodio. Para arcillas y limos (impermeabilizan y disminuyen los polvos)
- Cloruro de calcio Para arcillas y limos (impermeabilizan y disminuyen los polvos)
- Escorias de fundición. Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.
- Polímeros. Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.

##### c) MECÁNICAS.

- Compactación. El mejoramiento anterior regularmente se hace en la sub-base, base y en carpetas asfálticas.

## 4.6 SEÑALIZACIÓN VIAL

### 4.6.1 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

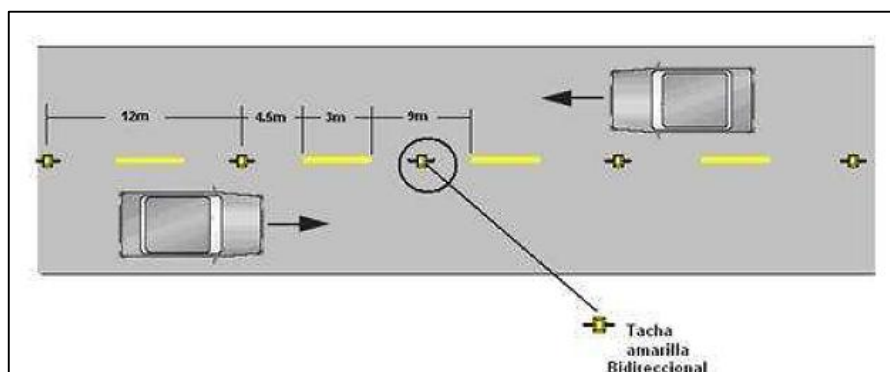
La Señalización en todos los proyectos viales está dirigido a la implantación de diversos dispositivos de control del tránsito vehicular, mediante el establecimiento de normas pertinentes para la prevención, regulación del tránsito y sobre todo de información al usuario de la vía, con la finalidad de proteger su seguridad y prevenir riesgos y posibles accidentes. Los dispositivos de control del tránsito vehicular, serán obviamente efectivos, si es que se cumplen con algunos requisitos indispensables, como la existencia de una necesidad para su utilización y cuyo mensaje debe ser claro y conciso. Las Normas del Reglamento Técnico Ecuatoriano, utilizadas son:

**Tabla 33:** *Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada.*

VELOCIDAD MÁXIMA DE LA VÍA (KM/H)	ANCHO DE LÍNEA (MM)	PATRÓN (M)	RELACIÓN SEÑALIZACIÓN BRECHA
MENOR O IGUAL A 50	100	12	3-9
MAYOR A 50	150	12	3-9

(NEVI, 2012)

**Tabla 34:** *Línea de separación de circulación opuesta segmentada.*



(NEVI, 2012)

Doble línea continua (Línea barrera). Las líneas de separación de carriles de circulación opuesta continuas dobles consisten en dos líneas amarillas paralelas, de

un ancho de 100 a 150 mm con tachas a los costados, separadas por un espacio de 100 mm. Se emplean en calzadas con doble sentido de tránsito, en donde la visibilidad en la vía se ve reducida por las curvas, pendientes u otros, impidiendo efectuar rebasamientos o virajes a la izquierda en forma segura.

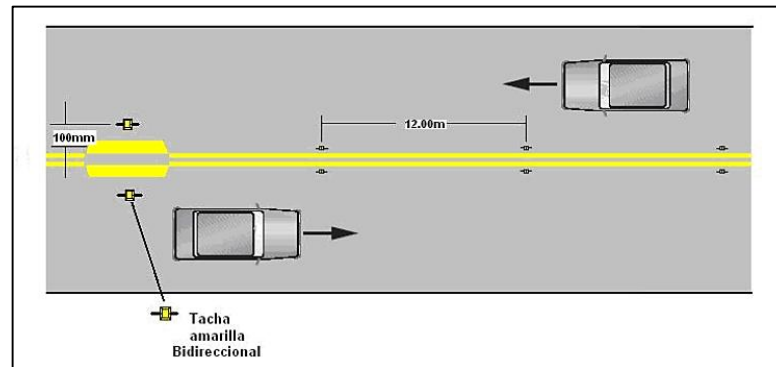
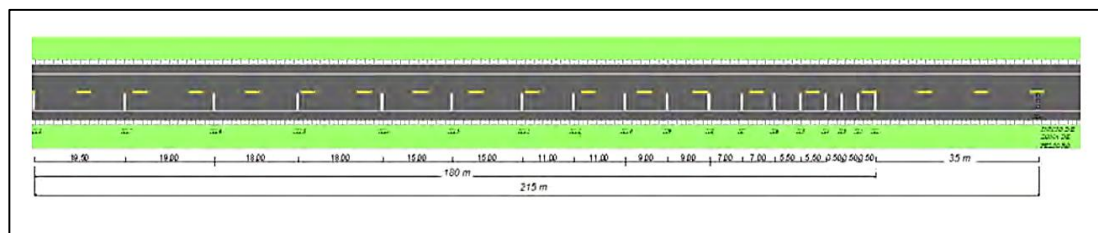


Figura 20: Doble línea continua, con ejemplo de tachas a 12.00m.

(NEVI, 2012)

Líneas logarítmicas, son líneas continuas transversales señalizadas sucesivamente sobre la calzada, perpendiculares al eje de la vía, con un ancho de 200 mm en vías urbanas y 400 mm en vías perimetrales y rurales, los espaciamientos son variable en escala semi logarítmica, obteniéndose un efecto de percepción visual, cuya función es inducir a los conductores a reducir la velocidad de circulación



*Figura 21: Líneas logarítmicas a velocidades mayores a 50Km/h.*

(NEVI, 2012)

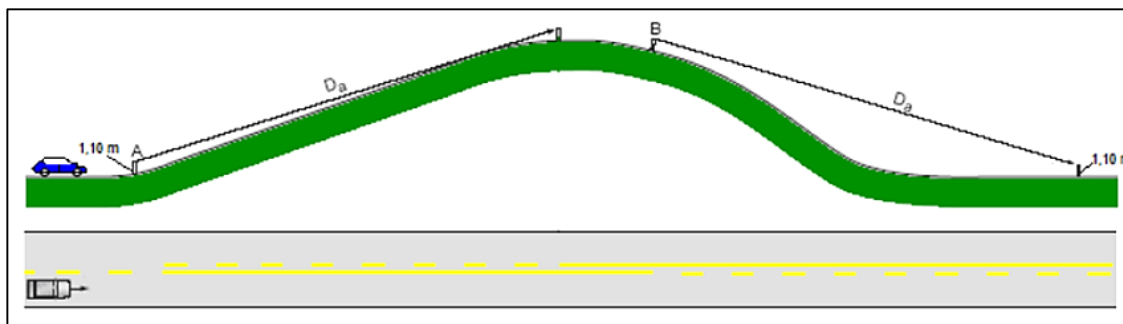
En lo que respecta a distancias de rebasamiento, la normativa es la siguiente: La distancia de visibilidad de rebasamiento en una curva horizontal, es aquella que se mide a lo largo del centro del carril más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1.10 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva.

**Tabla 35:** *Distancias de visibilidad.*

VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/H)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO A SER REBASADO (KM/H)	VELOCIDAD DE REBASAMIENTO (KM/H)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD MÍNIMA (M)
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

(NEVI, 2012)

En cuanto al rebasamiento en curvas verticales podemos apreciar la siguiente figura;



*Figura 22: Zonas de no rebasar en curva vertical.*(NEVI, 2012)

*Dónde:*

*Da:* Distancia de velocidad de rebasamiento. *Da* debe ser igual o mayor que la distancia de rebasamiento mínima.

*A:* Primer punto en que la distancia de visibilidad de rebasamiento es menor que la distancia mínima de rebasamiento, (inicio de la zona de No Rebasar) (en sentido A-B)

*B:* Termina la zona de No Rebasar, a partir de este punto la distancia de visibilidad de rebasamiento excede la distancia mínima de rebasamiento. (En sentido A-B)

Siendo las distancias mínimas de rebasamiento las siguientes:



**Tabla 36:** *Distancia de rebasamiento mínimo.*

VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/H)	DISTANCIA DE REBASAMIENTO MÍNIMA (M)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

(NEVI, 2012)

A más que la distancia mínima para colocación de letrero es de  $0.6 \cdot V$ , como un factor importante para la colocación de las señales.

#### 4.6.1.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Las señales se clasifican como se indica a continuación:

- Señales reglamentarias (Tipo R): Regulan el movimiento del tránsito y la falta de cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción.
- Señales preventivas (Tipo P): Advierten a los usuarios de las vías sobre condiciones de éstas o del terreno adyacente que pueden ser inesperadas o peligrosas.
- Señales de información (Tipo I): Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico y ambiental.
- Señales y dispositivos para trabajos en la vía y propósitos especiales (Tipo T): Advierten a los usuarios sobre condiciones temporalmente peligrosas para ellos o para los trabajadores y equipos empleados en obras públicas sobre la vía. También protegen trabajos parcialmente realizados contra posibles daños.

## CAPITULO V

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.1 TRABAJO DE CAMPO

##### 5.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

##### 5.1.1.1 INSPECCIONES EN CAMPO

A continuación un resumen del trabajo en campo realizado

- Recorridos previos, para ubicar estaciones para el levantamiento topográfico, así como para ubicar los Bm's que nos servirán para geo referenciarlos de acuerdo al IGM que se encuentra en el parque central de Chordeleg.
- Recorridos por toda la franja para situar los posibles lugares para implantar la Estación Total y realizar los levantamientos topográficos.
- La topografía se realizó por medio de una franja de 20 m a cada lado del eje propuesto en la Ruta ganadora

##### 5.1.1.2 RECORRIDOS PREVIOS

Para confirmar el terreno de acuerdo a la Ruta ganadora, se realizó recorridos para observar las travesías con mayores pendientes, cuerpos hídricos, y la ubicación de mojones para identificarlos como puntos de control y de verificación al realizar el levantamiento topográfico. A continuación fotografías de tramos complejos para realizar su levantamiento topográfico:



*Figura 23: Fotografía del Sector donde es obligado un puente.*



*Figura 24: Fotografía del Sector donde existen viviendas.*

### 5.1.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez realizados los recorridos previos, identificamos los lugares para implantar los mojones que son Hitos de Hormigón en forma trapezoidal que asumirán el papel de BM's en el caso de no existir puntos de referencia en lugares permanentes, de acuerdo a la amplitud de visión que proporcionan los mismos, y que se encuentren fuera de la franja topográfica para poder utilizarlos para el replanteo en el momento de la ejecución de la vía. A continuación presentamos el punto base para el levantamiento topográfico, el IGM ubicado en el parque central de Chordeleg, punto base para nuestro levantamiento topográfico.



*Figura 25: Georeferenciación con equipo R8.*

Las Fotografías anteriores indican el punto base (IGM) para nuestro levantamiento topográfico, el mismo que tiene las siguientes coordenadas:

**Tabla 37:** *Referenciai3n del proyecto*

DESCRIPCI3N	ESTE	NORTE	COTA	ZONA	OBSERVACI3N
PUNTO INICIAL	747.251.522	9.676.783.976	2.389.645	17 UTM	PARQUE CENTRAL

As3 tambi3n tenemos los puntos q han sido referenciados con m3todo RTK (tiempo real) los mismos que cuentan con post procesos, puntos establecidos en hitos de hormig3n, tal como se indica en las siguientes fotograf3as:



*Figura 26: Puntos referenciados de proyecto.*



*Figura 27: Puntos referenciados de proyecto.*

A continuaci3n las coordenadas de los puntos geo referenciados con m3todo RTK:



**Tabla 38:** *Coordenadas de puntos referenciados.*

DESC.	ESTE	NORTE	COTA	ZONA	OBSERVACIÓN
EST 1	746.478.616	9677154.95	2.338.679	17 UTM	FRENTE A LA IGLESIA
EST 2	745.671.032	9675975.26	2.308.757	17 UTM	MINA
EST 3	745.681.926	9675553.4	2.291.252	17 UTM	VÍA PRINCIPAL
EST 4	746.595.046	9677635.24	2270.91	17 UTM	SECTOR DEL ESTADIO PROYECTADO
REF. 1	746.466.779	9.677.140.613	2.338.736	17 UTM	ENTRADA DE IGLESIA

Posteriormente con equipo Topográfico de precisión, es decir con Estación Total se levantó la información, a continuación fotografías de las áreas que se tomaron la información con el equipo antes detallado:



*Figura 28: Fotografías de toma de datos.*

### 5.1.2 ESTUDIO DE TRANSITO

Los datos tomados del tráfico se los puede encontrar en la sección anexos.

### 5.1.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### 5.1.3.1 INSPECCIONES EN CAMPO

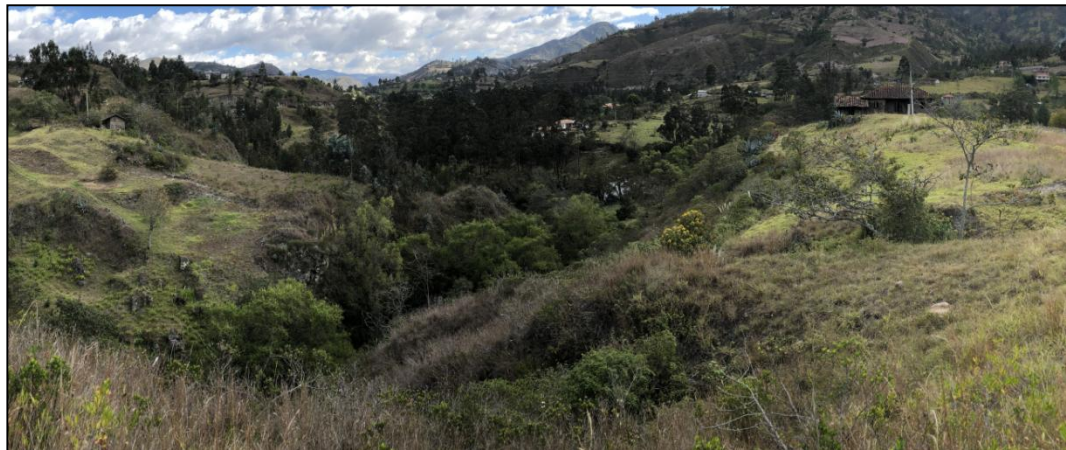
De los recorridos en campo se encontraron cuerpos hídricos menores, tales como quebradas, zanjas y canales de agua, los mismos que cruzan la franja de la Ruta, por tal razón fueron analizados In Situ. Existen tres quebradas considerables en el trayecto, de las cuáles a dos de ellas se les realizó un levantamiento topográfico a detalle, toma del caudal en el mes de septiembre del 2008. A continuación las fotografías de los cuerpos hídricos de acuerdo a sus abscisas según el diseño geométrico horizontal de la vía:



*Figura 29: Q1= Abscisa 0+769,50*



*Figura 30: Q2= Abscisa 2+742,00*



*Figura 31: Q3= Abscisa 3+740,00*

También se hizo recorridos por la vía actual existente, la que se espera reemplazar, y se observó el sistema de evacuación de aguas lluvia, en el que pudimos observar lo siguiente:





*Figura 32: Fotografía de alcantarillas existentes.*

Las cunetas desembocan en un cajón de entrada, los mismos que atraviesan transversalmente a la vía, y observamos al otro lado lo siguiente:



*Figura 33: Alcantarillas sin obras de arte.*

Es decir que luego de los cabezales no existe ningún tipo de obra de arte, más bien se conectan a zanjas o canales existentes directamente.



### 5.1.3.2 TOPOGRAFÍA A DETALLE DE CUERPOS HÍDRICOS

De acuerdo al Convenio Marco específico entre el GAD Municipal del cantón Chordeleg y el Centro de Postgrados de la Universidad de Cuenca, en la cláusula Séptima en Obras Complementarias, se acordó que "En caso de existir obras tales como puentes de luz mayor a 6 m, alcantarillado sanitario, estructuras de acero u hormigón como pasos elevados de tuberías, pasos peatonales, etc..., redes de agua potable, muros de contención con alturas superiores a 2 m, los diseños de estas obras no se ejecutarán, ya que ..."

Por tal motivo y al analizar la Quebrada 3, por cuestiones de topografía, en este tramo es necesario un puente de longitud aproximada de 50 m de luz, por tanto no se realizó topografía a detalle de ésta. A continuación, el Perfil Topográfico de las Quebradas 1 y 2:

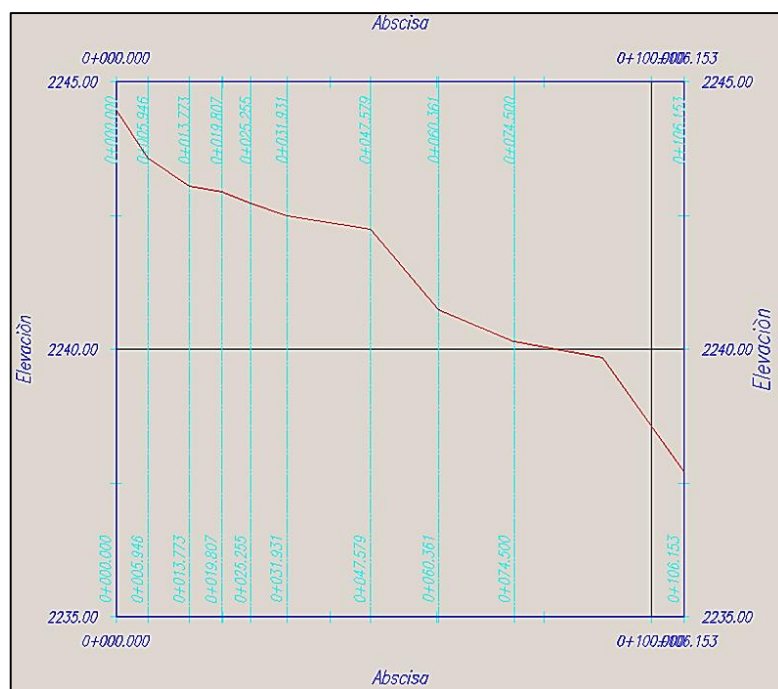


Figura 34: Perfil de Quebrada 1

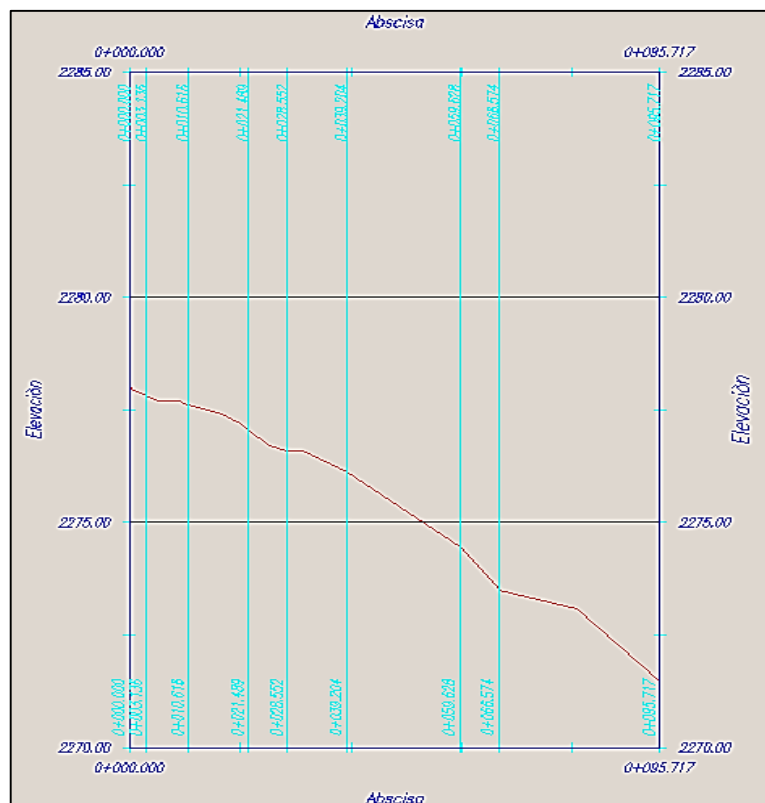


Figura 35: Perfil de Quebrada 2

### 5.1.3.3 INFORMACIÓN RECOPIADA EN CAMPO

Como se describió en el punto anterior, se realizó la topografía a detalle de la Quebrada 1 y 2, de las mismas que en la longitud de las alcantarillas, tomamos el tiempo que demora en recorrer desde el inicio de la alcantarilla hasta su final, lo que damos a conocer a continuación:

**Tabla 39:** Velocidad, Espacio del caudal de alcantarilla 1.

MUESTREO	VELOCIDAD	
	ESPACIO	TIEMPO
#	(m)	(seg)
1	10	14.87
2	10	14.92
3	10	14.82
4	10	15.01
5	10	14.88
PROMEDIO	10	14.9
VELOCIDAD	0.67	m/seg

Siendo su sección transversal fija la siguiente:



*Figura 36: Alcantarilla 1.*

Caso similar se realizó en la alcantarilla 2

**Tabla 40:** *Velocidad, Espacio del caudal de alcantarilla 2.*

MUESTREO	VELOCIDAD	
	ESPACIO	TIEMPO
#	(m)	(seg)
1	14	31.14
2	14	31.02
3	14	31.07
4	14	31.11
5	14	31.09
PROMEDIO	14	31.086
<b>VELOCIDAD</b>	<b>0.45</b>	<b>m/seg</b>

Siendo su sección transversal fija la siguiente:



*Figura 37: Alcantarilla 2.*

#### **5.1.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO**

##### **5.1.4.1 INSPECCIONES EN CAMPO**

Se inspecciona la totalidad del proyecto y se va tomando en consideración los lugares más sensibles en cuanto a taludes se refiere, se identifica los puntos de toma de muestras cada 500 metros en lo que tiene que ver para los ensayos de CBR, y dentro de ellas un lugar en específico que se encuentra en el talud del cual se toma la muestra para su análisis.

##### **5.1.4.2 TOMA DE MUESTRAS IN SITU**

En la abscisa 2+000, se realiza una perforación a una profundidad de 2.50 metros con el equipo de perforación por percusión, se obtuvieron muestras cada 1 metro para la realización de los distintos ensayos entre ellos el ensayo de corte directo con el cual se obtiene la cohesión y el ángulo de fricción.

## 5.2 TRABAJO DE GABINETE

### 5.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 5.2.1.1 CARTA TOPOGRÁFICA

Luego de tomar la información en campo, procesamos la misma y ordenamos los puntos de acuerdo a su naturaleza, es decir: puntos que pertenecen a caminos, postes, quebradas, zanjas, casas, cerramientos, etc. Posteriormente triangulamos con los puntos de tal manera de verificar que las curvas de nivel representen verdaderamente la topografía de campo, así que se verifica cuidadosamente que la información en digital no presente errores y así poder obtener nuestra Carta Topográfica. En los Anexos, encontramos las cartas Topográficas, y los puntos que son el resultado de la información descargada de la Estación Total.

#### 5.2.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

De acuerdo al marco teórico, para la realización del Diseño Geométrico Horizontal, se utilizó las recomendaciones necesarias, ya que el TPDA de nuestra vía de estudio está en el rango de 3.000 a 8.000 y la Topografía del sector corresponde a Montañoso, por lo que utilizamos lo indicado en la siguiente Tabla.

**Tabla 41:** *Parámetros de Diseño.*

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	60 K/H
<b>RADIO MÍNIMO DE CURVATURA</b>	110 M
<b>DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARADA</b>	70 M
<b>DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA REBASAMIENTO</b>	415 M
<b>PERALTE</b>	MÁXIMO 10%

(NEVI, 2012)

En las normas de Diseño Geométrico 2003, en los Valores Recomendados, autoriza en la Nota que se pueda variar algo cuando se considere necesario mejorar una

carretera existente siguiendo el trazado actual, por tal razón se utilizó un radio mínimo de 105 m.

### 5.2.1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

De acuerdo al marco teórico, para la realización del Diseño Geométrico Vertical, se utilizó las recomendaciones de la tabla correspondiente, ya que el TPDA de nuestra vía de estudio está en el rango de 3.000 a 8.000 y la Topografía del sector corresponde a Montañoso, por lo que utilizamos lo indicado en la siguiente Tabla.

**Tabla 42:** *Parámetros de Diseño.*

<b>COEFICIENTE DE K PARA CURVAS CONVEXAS</b>	12 M
<b>COEFICIENTE DE K PARA CURVAS CÓNCAVAS</b>	13 M
<b>GRADIENTE LONGITUDINAL MÁXIMA</b>	7%
<b>GRADIENTE LONGITUDINAL MÍNIMA</b>	0.5 %
<b>PERALTE</b>	MÁXIMO 10%

(NEVI, 2012)

En las normas de Diseño Geométrico 2003, en los Valores Recomendados autoriza que en longitudes menores a 500m se pueda aumentar la gradiente hasta 2% en terrenos montañosos, y en la Nota, a más que se pueda variar algo cuando se considere necesario mejorar una carretera existente siguiendo el trazado actual, por tal razón se utilizó en un tramo una gradiente superior a 11%, aparte de que la topografía no permitía ninguna otra solución para el trazado geométrico vertical.

## 5.2.2 ESTUDIO DE TRANSITO

### 5.2.2.1 CONTEOS VEHICULARES

Para la realización de los conteos vehiculares, se utilizó la metodología de grabación con cámaras colocadas estratégicamente en la estación 1 de conteo por la cual pasa el 100% del tráfico contabilizado.

Las cámaras funcionaron las 24 horas del día los siete días de la semana, con los que se obtuvo el TPDS (tráfico promedio diario semanal), con lo que no fue




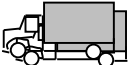
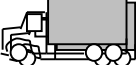



Patricio Florencio Castillo Villavicencio  
Danny Javier Montenegro Reinoso



Universidad de Cuenca

necesario la utilización de los factores de expansión y fue posible obtener el TPDA directamente. A continuación, la siguiente tabla donde se puede ver el resumen del conteo de ocho días continuos según tipo de vehículos.

**Tabla 43:** Resumen de conteo de ocho días y cálculo de TPDS

<b>PROYECTO: ESTUDIOS DE BASE Y DISEÑO VIAL DEL PROYECTO VÍA PERIURBANA CURPÁN - CAPILLAPAMBA DE LA CIUDAD DE CHORDELEG, CANTÓN CHORDELEG, PROVINCIA DEL AZUAY</b>										
		LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN PEQUEÑO 2-E	CAMIÓN GRANDE 2-E	CAMIÓN 3 - 4 E	CAMIÓN 5-E	CAMIÓN ≥ 6-E	MOTOS	TD
DÍA	FECHA									
VIERNES	03/08/2018	2214	119	75	144	68	26	7	65	2718
SÁBADO	04/08/2018	2326	115	75	97	51	18	9	79	2770
DOMINGO	05/08/2018	2664	97	32	47	42	6	6	67	2961
LUNES	06/08/2018	2177	103	60	79	46	15	4	59	2543
MARTES	07/08/2018	2060	91	60	83	60	24	4	58	2440
MIÉRCOLES	08/08/2018	2239	89	55	65	32	13	5	55	2553
JUEVES	09/08/2018	2445	96	65	81	53	22	4	56	2822
VIERNES	10/08/2018	2259	97	57	80	48	18	4	54	2617
<b>TOTALES</b>		<b>18384</b>	<b>807</b>	<b>479</b>	<b>676</b>	<b>400</b>	<b>142</b>	<b>43</b>	<b>493</b>	<b>21424</b>
TPDS		2298	101	60	85	50	18	5	62	<b>2678,00</b>
% DE TPDS		85,81%	3,77%	2,24%	3,17%	1,87%	0,67%	0,19%	2,32%	
%		85,81%	3,77%	8,14%					2,32%	



### 5.2.2.2 CALCULO DE TRÁFICO ATRAÍDO

Para el cálculo del tráfico atraído hacemos la suposición que todo el tráfico que pasa por la vía actual será atraído hacia la nueva vía, también suponemos que el TPDA de los tramos de vía por los que pasará el nuevo trazo, es prácticamente cero ya que se constató en campo que existen muy pocos vehículos que pasen por la zona. Con esta suposición, el TPDA proyectado para 20 años que es de 4924 vehículos por día pasa totalmente a ser el tráfico atraído de la vía periurbana.

### 5.2.2.3 CALCULO DE TPDA

Con los datos del tráfico diario (Td) y el tráfico promedio diario semanal (TPDS), se calcula la desviación estándar muestral (S). Con el valor de la desviación estándar muestral S, se obtiene el estimador de la desviación estándar poblacional. Por último, con los datos y resultados obtenidos calculamos el TPDA (tráfico promedio diario anual).

**Tabla 44:** Desviación estándar de la muestra s.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRAL S		
DÍA	TDi	(TDi-TPDS) <sup>2</sup>
VIERNES	2718	1600,00
SÁBADO	2770	8464,00
DOMINGO	2961	80089,00
LUNES	2543	18225,00
MARTES	2440	56644,00
MIÉRCOLES	2553	15625,00
JUEVES	2822	20736,00
VIERNES	2617	3721,00
n-1 =	7	
S =	171,17	
TOTAL		205104,00
ESTIMADOR DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR POBLACIONAL		
N =	365	DÍAS
n =	8	DÍAS
S =	171,17	VEHÍCULOS
σ =	59,93	
K =	1,96	PARA UN 95% DE CONFIANZA, DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

Por último, con los datos y resultados obtenidos calculamos el TPDA (tráfico promedio diario anual).  $TPDA = TPDS + (K \cdot \sigma)$ .  $TPDA = 2795,00$  vehículos/día.

#### 5.2.2.4 PROYECCIÓN A 20 AÑOS

Para la proyección del tráfico a 20 años, utilizamos las tasas de crecimiento dadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la provincia del Azuay.

**Tabla 45:** Tasa de crecimiento de la provincia del Azuay.

TASAS DE CRECIMIENTO			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2015 - 2020	3,88%	1,50%	3,08%
2020 - 2025	3,38%	1,35%	2,78%
2025 - 2030	3,02%	1,23%	2,52%
2030 - 2035	2,77%	1,13%	2,29%

(Urgiles, 2014)

$$T_{futuro} = TPDA_{2018} \cdot (1 + i)^n$$

Ecuación 20.

*Dónde:*

$i$  = tasa de crecimiento

$n$  = número de años a proyectar obtenemos la proyección del TPDA para el año 2038 por cada tipo de vehículo.

Obtenemos la proyección del TPDA para el año 2038 por cada tipo de vehículo.

**Tabla 46:** Proyección TPDA.

PROYECCIÓN TPDA 20 AÑOS				
AÑO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTALES
2018 - 2020	2588	108	242	2938
2020 - 2025	3056	116	278	3449
2025 - 2030	3546	123	315	3983
2030 - 2038	4412	135	377	4924

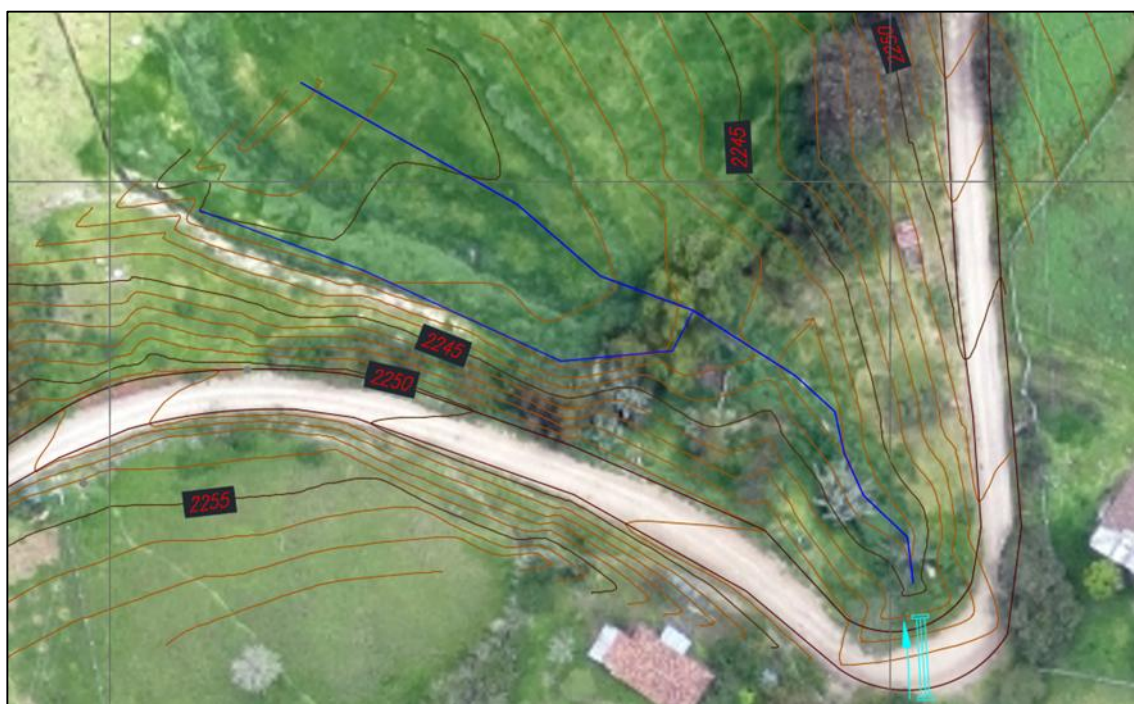
### 5.2.2.5 SELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE LA VÍA

De acuerdo al cuadro VIII-1 del MTOP 2003, el TPDA proyectado se encuentra en el rango de 3000 a 8000 vehículos por día, por tanto, se clasifica como carretera TIPO I.

## 5.2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 5.2.3.1 CARTA TOPOGRÁFICA DE CUERPOS HÍDRICOS

A continuación la Topografía a detalle de cada una de las quebradas:



*Figura 38: Adaptado Quebrada 1*

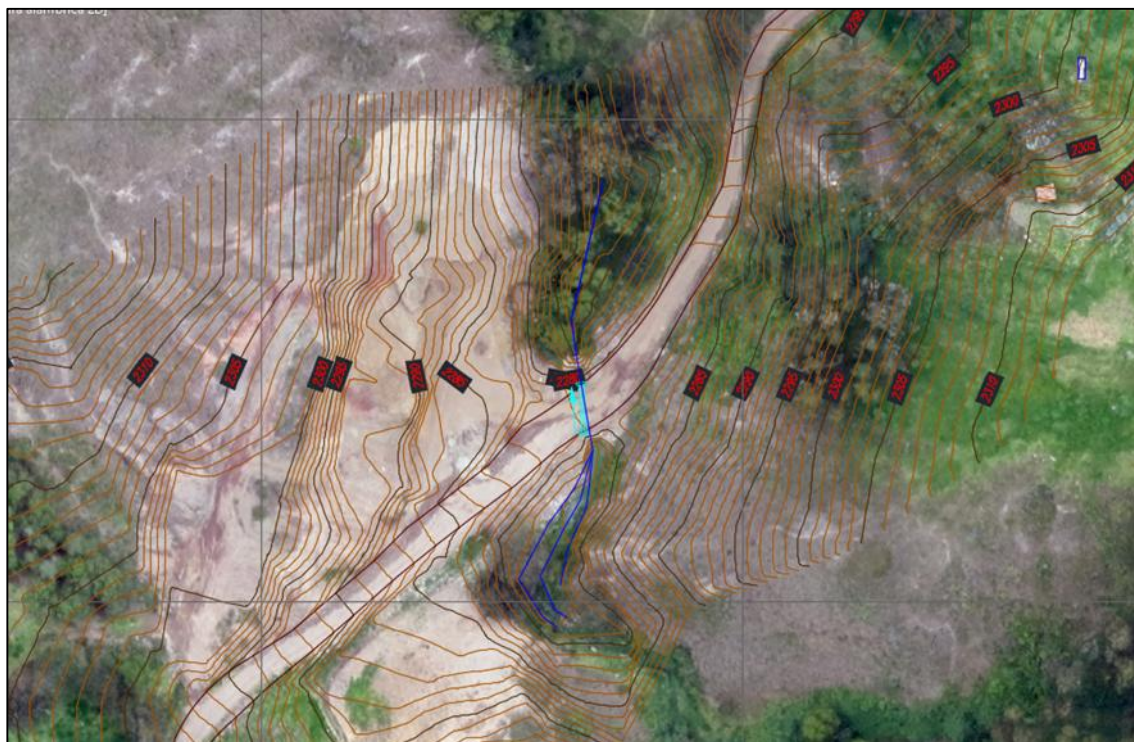


Figura 39: Adaptado Quebrada 2.

### 5.2.3.2 OBRAS DE ARTE MENOR

#### CUNETAS

Una vez descrito en el numeral 4.3, el Marco teórico, se procede a indicar los datos utilizados para el diseño de las cunetas. El Período de Retorno es de 25 años, para autopistas con tiempos de concentración de 10 min. De acuerdo a la pendiente de la vía se colocó las alcantarillas donde desfoga el agua de las cunetas, las distancias máximas utilizadas fueron menores a 280 m. De la Gráfica pertinente ubicamos que la vía atraviesa la zona 34. La ecuación que satisface para la zona 34 es:

**Tabla 47:** Determinación de  $k$  y  $n$  de la ecuación de la intensidad.

	24 min < 1440 min	$I_{TR} = 816.96 \cdot t^{-0.885} I_{dTR}$
34	5 min < 35 min	$I_{TR} = 147.98 \cdot t^{-0.4279} I_{dTR}$
	35 min < 1440 min	$I_{TR} = 882.9 \cdot t^{-0.9351} I_{dTR}$
35	5 min < 45 min	$I_{TR} = 92.854 \cdot t^{-0.4083} I_{dTR}$
	45 min < 1440 min	$I_{TR} = 480.47 \cdot t^{-0.8489} I_{dTR}$

Adaptado (IHAMHI, 2012)



Donde  $K$  es igual a 147,98,  $n$  es igual a 4,4279. De la Tabla de Isolineas de la Intensidad de Precipitación corresponde a 2 para un período de retorno de 25 años. El Coeficiente de escorrentía es de 0.55 El área está definida por el ancho de la calzada que es la suma del medio carril (3.65 m), el espaldón (1.5 m) la ciclo vía (2 m) y por la longitud analizada. También se considera el área conformada por los taludes, que corresponde a la altura del talud aportante ( $W$ ) y a la misma longitud analizada. Con la información mencionada obtenemos el caudal total:





**Tabla 48:** Caudal de alcantarillas.

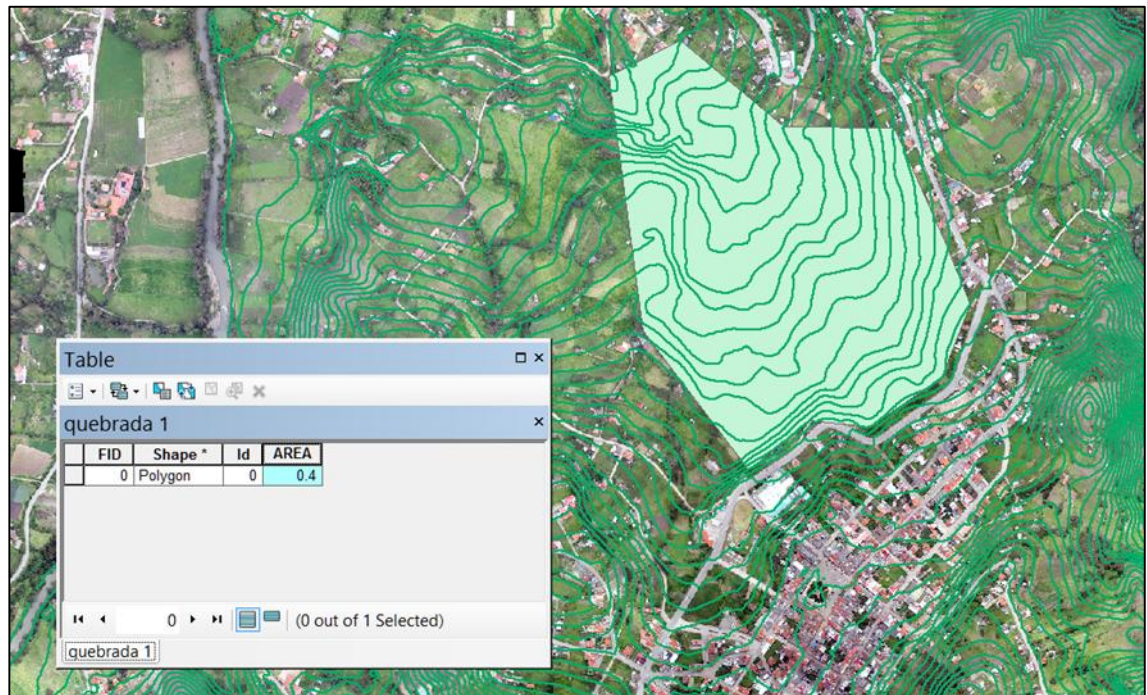
No.	ABSCISA	L	COTA	Id25	I (mm/h)	Vo (m/s)	a	te	qe	QL (m3/s)	W (m)	A (Km^2)	Qa (m3/s)	QT
1	0+000,00	176,23	2245,000	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,041	10	0,0018	0,030	0,071
	0+176,23		2237,144											
	0+176,23	103,77	2237,144	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,024	12	0,0012	0,021	0,045
	0+280,00		2238,520											
2	0+280,00	120,00	2238,520	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,028	10	0,0012	0,020	0,048
	0+400,00		2240,311											
3	0+400,00	120,00	2240,311	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,028	10	0,0012	0,020	0,048
	0+520,00		2242,103											
4	0+520,00	200,00	2242,103	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,046	10	0,0020	0,034	0,080
	0+720,00		2248,770											
5	0+720,00	280,00	2248,770	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,065		0,0000	0,000	0,065
	1+000,00		2258,650											
6	1+000,00	240,00	2258,650	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,056	9	0,0022	0,036	0,092
	1+240,00		2269,378											
7	1+240,00	160,00	2269,378	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,037	12	0,0019	0,032	0,069
	1+400,00		2286,556											



No.	ABSCISA	L	COTA	Id25	I (mm/h)	Vo (m/s)	a	te	qe	QL (m3/s)	W (m)	A (Km^2)	Qa (m3/s)	QT
8	1+400,00	237,10	2286,556	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,055	12	0,0028	0,048	0,103
	1+637,10		2306,345											
9	1+637,10	202,90	2306,345	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,047	9	0,0018	0,031	0,078
	1+840,00		2300,104											
10	1+840,00	197,10	2300,104	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,046		0,0000	0,000	0,046
	2+037,10		2294,419											
	2+037,10	202,90	2294,419	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,047		0,0000	0,000	0,047
	2+240,00		2301,110											
11	2+240,00	200,00	2301,110	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,046	10	0,0020	0,034	0,080
	2+440,00		2308,198											
12	2+440,00	277,49	2308,198	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,064		0,0000	0,000	0,064
	2+717,49		2295,628											
	2+717,49	262,51	2295,628	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,061		0,0000	0,000	0,061
	2+980,00		2309,479											
13	2+980,00	95,00	2309,479	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,022		0,0000	0,000	0,022
	3+075,00		2310,171											
14	3+075,00	94,02	2310,171	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,022		0,0000	0,000	0,022
	3+169,02		2310,697											
15	3+169,02	270,98	2310,697	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,063	10	0,0027	0,046	0,109
	3+440,00		2289,975											
16	3+440,00	262,53	2289,975	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,061	10	0,0026	0,044	0,105
	3+702,53		2270,097											
17	3+772,68	247,51	2270,503	2	110,49	0,00003	7,07107	66,41481	0,00023	0,057	14	0,0035	0,058	0,116
	4+020,19		2288,003											

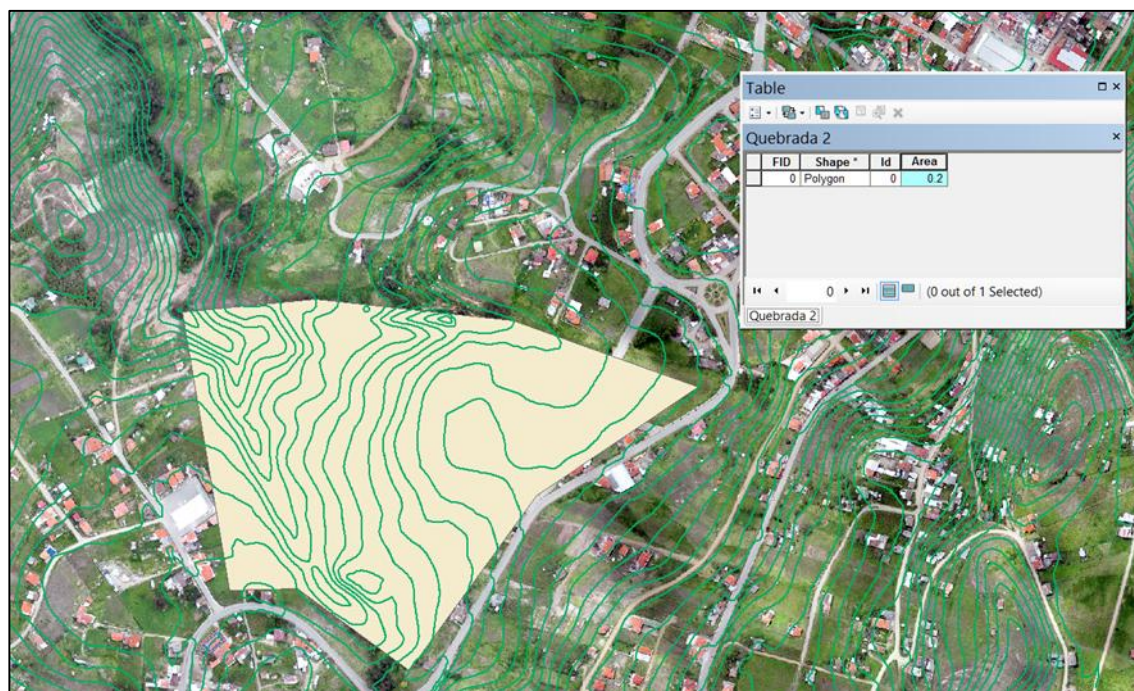
## ALCANTARILLADO

Una vez descrito en el numeral 4.3, el Marco teórico, se procede a indicar los datos utilizados para el diseño de las cunetas. El Período de Retorno es de 25 años, para autopistas con tiempos de concentración de 10 min, igual que en el caso de las cunetas El Coeficiente de escorrentía es de 0.55 Las áreas de aportación son las siguientes:



*Figura 40: Adaptado Área de aportación de la quebrada 1.*

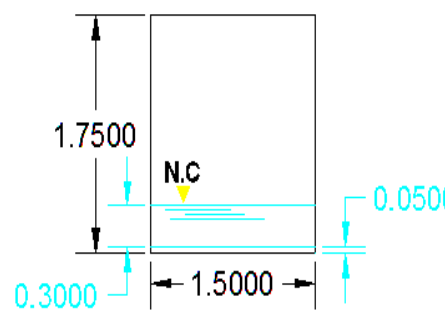




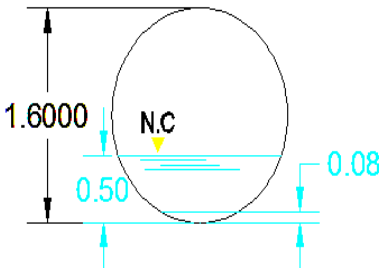
*Figura 41: Adaptado Área de aportación de la quebrada 2.*

Por el Método Directo se calculó el caudal de las quebradas, así como también por el Método Racional, observándose distintos caudales, indicados en las siguientes tablas para las quebradas 1 y 2 respectivamente.

**Tabla 49:** Caudal de la quebrada 1.

QUEBRADA 1						
QUEBRADA 1		COTA INI 2244,474				
ABSCISA 0+733,380		COTA FIN 2237,719				
		LONGITUD 106,153				
MUESTREO	VELOCIDAD					
	ESPACIO	TIEMPO				
	#	(m)				(seg)
	1	10				14,87
	2	10				14,92
	3	10				14,82
	4	10				15,01
	5	10				14,88
	PROMEDIO	10				14,9
	VELOCIDAD	0,67				m/seg
	MEDIDO	MÁXIMA CRECIDA				
CAUDAL(m³/s)	0,05025	CAUDAL	2,55			
ÁREA(m²)	0,075	ÁREA	0,53	RESULTADOS		
PERÍMETRO(m)	3,1	PERÍMETRO	3,70	CAUDAL	2,548 (m³/s)	
ANCHO(m)	1,5	ANCHO	1,50	INCREMENTO 30%	3,31 (m³/s)	
PER. MOJ(m)	1,6	PER. MOJ	2,20			
ALTURA(m)	0,05	ALTURA(m)	0,35			

**Tabla 50:** Caudal de la quebrada 2.

QUEBRADA 2						
QUEBRADA 2		COTA INI 2278,002				
ABSCISA 2+717,494		COTA FIN 2271,478				
		LONGITUD 95,717				
MUESTREO	VELOCIDAD					
	ESPACIO	TIEMPO				
	#	(m)				(seg)
	1	14				31,14
	2	14				31,02
	3	14				31,07
	4	14				31,11
	5	14				31,09
	PROMEDIO	14				31,086
	VELOCIDAD	0,45				m/seg
	MEDIDO	MÁXIMA CRECIDA		RESULTADOS		
CAUDAL(m³/s)	0,025192	CAUDAL	2,41			
ÁREA(m²)	0,0376	ÁREA	0,54			
PERÍMETRO(m)	1,419	PERÍMETRO	3,38			
ANCHO(m)	0,7	ANCHO	1,48			
PER. MOJ(m)	0,719	PER. MOJ	1,90			
ALTURA(m)	0,08	ALTURA(m)	0,5			
				CAUDAL	2,409	(m³/s)
				INCREMENTO 30%	3,13	(m³/s)

Introduciendo los caudales generados por las cunetas, procedemos a introducir la información para el cálculo de las alcantarillas, por lo que nos guiamos por el diseño vertical geométrico de la vía y la topografía para las cotas de las alcantarillas y saber si el escurrimiento es con control de Entrada o de Salida, también la longitud de la tubería y la pendiente (3% se utilizó para todas las alcantarillas).



**Tabla 51: Datos de alcantarillas.**

No.	abscisas	q cunetas	otras cunetas	q quebradas	q (m3/s)	cota entrada	cota salida	Cota de Proyecto	altura terraplen	dz (m)	l (m)	So (m/m)
1	0+176,2	0,116			0,1157	2234,561	2234,144	2237,144	2,7915	0,42	13,9	0,030
2	0+280,0	0,048			0,0481	2235,97	2235,52	2238,52	2,775	0,45	15	0,030
3	0+400,0	0,048			0,0481	2237,815	2237,311	2240,311	2,748	0,50	16,8	0,030
4	0+520,0	0,080			0,0801	2239,607	2239,103	2242,103	2,748	0,50	16,8	0,030
5	0+720,0	0,065			0,0649	2246,274	2245,77	2248,77	2,748	0,50	16,8	0,030
Q1	0+769,5	0,000	0,329	6,750	7,0794	2239,868	2239,364	2250,516	10,9	0,50	16,8	0,030
6	1+000,0	0,092			0,0921	2256,154	2255,65	2258,65	2,748	0,50	16,8	0,030
7	1+240,0	0,069			0,0695	2266,792	2266,378	2269,378	2,793	0,41	13,8	0,030
8	1+400,0	0,103			0,1030	2284,031	2283,556	2286,556	2,7627	0,47	15,82	0,030
9	1+840,0	0,078			0,0778	2297,608	2297,104	2300,104	2,748	0,50	16,8	0,030
10	2+037,1	0,093			0,0927	2291,923	2291,419	2294,419	2,748	0,50	16,8	0,030
11	2+240,0	0,080			0,0801	2298,614	2298,11	2301,11	2,748	0,50	16,8	0,030
12	2+717,5	0,125			0,1251	2293,132	2292,628	2295,628	2,748	0,50	16,8	0,030
Q2	2+742,0		0,169	3,380	3,5489	2278,002	2277,498	2295,789	18,039	0,50	16,8	0,030
13	2+980,0	0,022			0,0220	2306,98	2306,479	2309,479	2,7495	0,50	16,7	0,030
14	3+075,0	0,022			0,0218	2307,606	2307,171	2310,171	2,7825	0,43	14,5	0,030
15	3+440,0	0,109			0,1085	2287,47	2286,975	2289,975	2,7525	0,49	16,5	0,030
16	3+702,5	0,105			0,1052	2267,565	2267,097	2270,097	2,766	0,47	15,6	0,030
17	3+772,7	0,116			0,1158	2268,007	2267,503	2270,503	2,748	0,50	16,8	0,030

### 5.2.3.3 OBRAS DE ARTE MAYOR

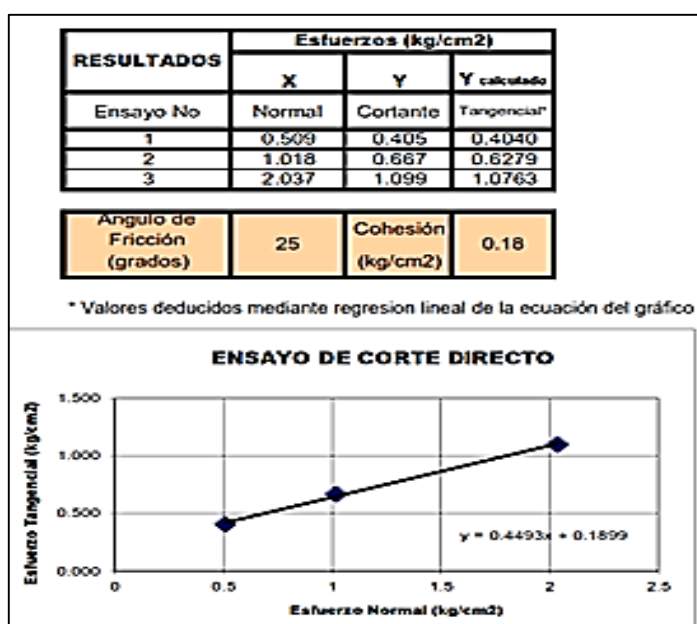
De acuerdo al Convenio Marco específico entre el GAD Municipal del cantón Chordeleg y el Centro de Postgrados de la Universidad de Cuenca, en la cláusula Séptima en Obras Complementarias, se acordó que "En caso de existir obras tales como puentes de luz mayor a 6 m, alcantarillado sanitario, estructuras de acero u hormigón como pasos elevados de tuberías, pasos peatonales, etc., redes de agua potable, muros de contención con alturas superiores a, los diseños de estas obras no se ejecutarán, ya que ..." Por tal motivo no ha sido parte de esta tesis el diseño del puente, pero el mismo debe cumplir con las siguientes especificaciones cuando el GAD Municipal del cantón Chordeleg contrate dicho estudio:

- Longitud aproximada: 50 m de luz
- Ancho: 15,40m (incluye espaldones y ciclo vía)
- Cota Inicio de puente: 2269,90 m
- Cota Final de puente: 2269,90 m
- Observación: El puente es parte de curva horizontal (Referirse al Diseño Geométrico Horizontal)

### 5.2.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Los resultados del ensayo de corte directo se muestran a continuación:

**Tabla 52:** Resultados de ensayo corte directo.



(SUELOTEC, 2018)

Ensayo para la obtención del peso específico del material:

**Tabla 53:** Resultados ensayo peso específico.

POZO N°	S1
PROF :	0.00 a 2.50 mtrs
FECHA :	SEPTIEMBRE DE 2018
<b>A =</b>	425.00 Peso del material
<b>B =</b>	928.90 Peso del picnómetro +agua+material
<b>C =</b>	727.00 Peso del pignómetro +agua
<b>PESO ESPECIFICO =A/(A-B+C)=</b>	<b>1.905 gr/cm3</b>

(SUELOTEC, 2018)

#### 5.2.4.1 ESTABILIDAD DE TALUDES

De acuerdo a las características de los suelos y de la geometría de los cortes, se pueden identificar dos procedimientos de cálculo, tanto para taludes infinitos como taludes finitos en condiciones drenadas, ya que según el informe geotécnico no se encontró presencia de nivel freático.

#### TALUDES INFINITOS:

Se obtuvo la geometría del talud de los perfiles transversales del diseño geométrico:

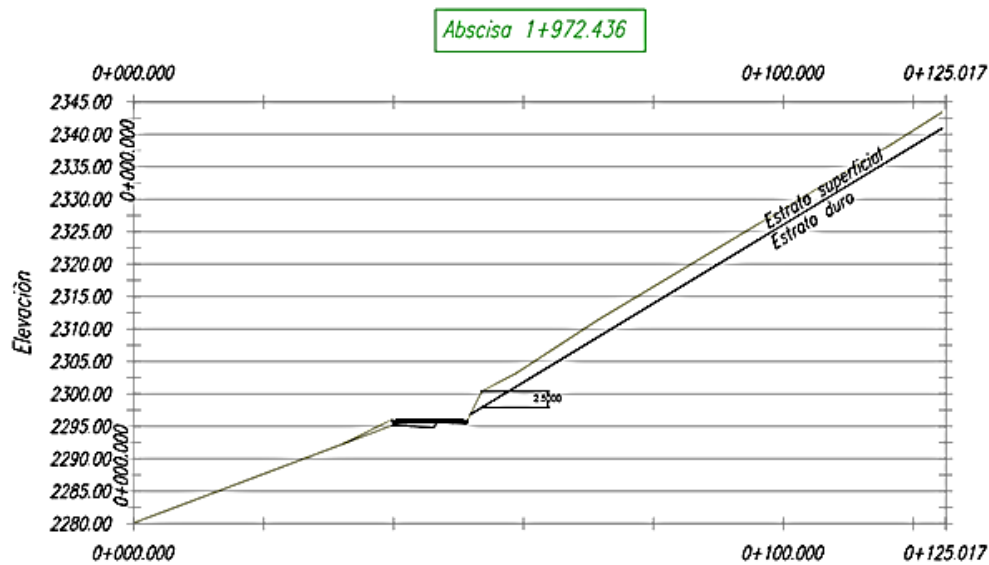


Figura 42: Perfil de talud en la abscisa 1+972.43

#### FACTOR DE SEGURIDAD PARA TALUD INFINITO

DATOS:

$c =$	0,18 kg/cm <sup>2</sup>	cohesión	180 gr/cm <sup>2</sup>
$\beta =$	32 grados	ángulo de talud	0,56 rad
$\gamma =$	1,925 gr/cm <sup>3</sup>	peso específico	1,925 gr/cm <sup>3</sup>
$\varphi =$	25 grados	ángulo de fricción	0,44 rad
$H =$	2,5 m	altura de la capa superficial	250 cm

CÁLCULOS:

$$FSs = \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\tan \varphi}{\tan \beta}$$

FSs = 1,58 EL TALUD ES ESTABLE

Para hallar la profundidad del plano en el cual ocurre el equilibrio crítico, hacemos

FSs = 1, y  $H = H_{cr}$ , despejamos y tenemos:

$$H_{cr} = \frac{c}{\gamma \cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \varphi)}$$

$H_{cr} = 8,20$  m ALTURA CRÍTICA

## TALUDES FINITOS (MÉTODO DE DOVELAS SIMPLIFICADO DE BISHOP)

El cálculo de la estabilidad de los taludes se lo realiza con la ayuda del software GEOSTUDIO 2012, en el cual se ingresa la geometría del talud, los datos de geotecnia como el ángulo de fricción y la cohesión, a continuación, se presentan las gráficas obtenidas al correr el modelo para un talud de 20 m de altura que se encuentra situado en la abscisa 1+660.

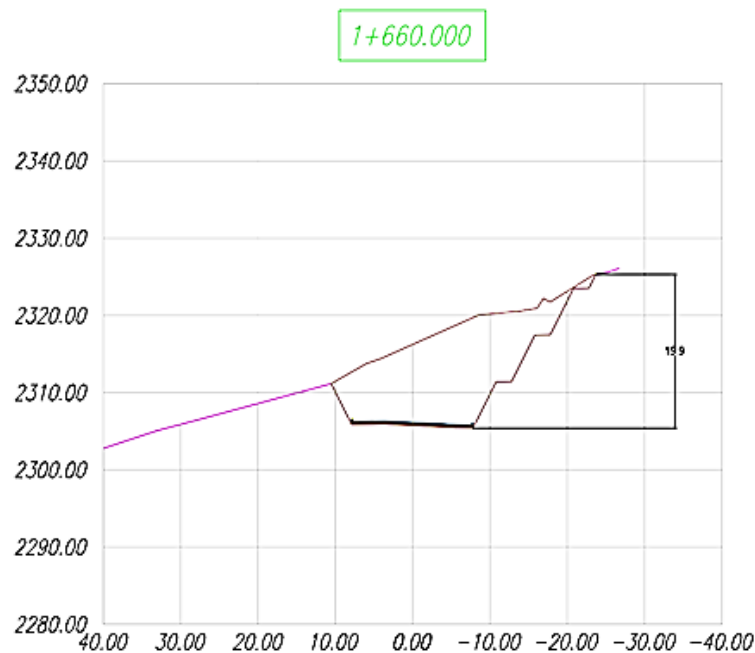


Figura 43: Perfil de talud en la abscisa 1+660.00

Para incrementar la estabilidad, se disminuye el ángulo del talud hasta obtener un factor de seguridad económicamente viable y que garantice la seguridad de los usuarios en la vía.



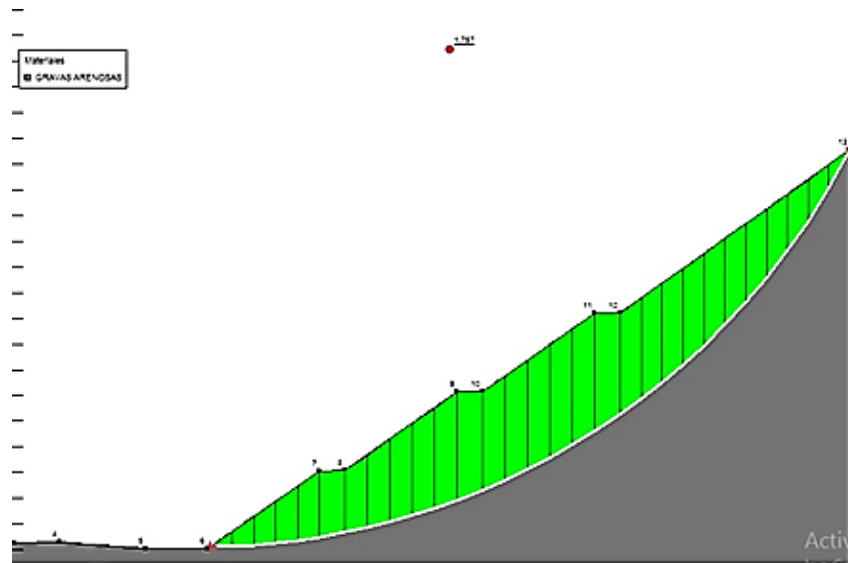


Figura 44: Cálculo de la estabilidad del talud con Geoestudio 2012.

Se observa que el factor de seguridad es de 1.75 con cortes máximos de 6 metros y bermas de 2 metros de ancho.

### 5.2.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se utilizaron las tasas de crecimiento en el cálculo de la proyección del TPDA descritas en el capítulo 4.2.2 para poder proyectar el tráfico desde el año 2018 hasta el año 2038 (20 años) y así obtener el TPDA acumulado para los vehículos livianos (A), buses (B), camiones (C) y motos (M).

Tabla 54: TPDA acumulado.

TPDA				
AÑO	A	B	C	M
2018	2398	105	228	64
2019	2491	107	235	66
2020	2588	108	242	68
2021	2649	109	248	69
2022	2739	111	254	71
2023	2832	112	262	73
2024	2927	114	269	75
2025	3026	115	276	78
2026	3042	116	278	78
2027	3134	117	285	80
2028	3229	119	292	82

2029	3326	120	300	84
2030	3427	122	307	86
2031	3421	122	306	86
2032	3515	123	313	88
2033	3613	124	320	90
2034	3713	126	328	92
2035	3816	127	335	94
2036	3921	129	343	96
2037	4030	130	351	98
2038	4142	131	359	101
<b>TPDA ACUMULADO</b>	<b>67980</b>	<b>2486</b>	<b>6131</b>	<b>1721</b>

Se utilizaron las tasas de crecimiento en el cálculo del TPDA descritas en el capítulo anterior para poder proyectar el tráfico desde el año 2018 hasta el año 2028 (10 años) y así obtener el TPDA acumulado para los vehículos livianos (A), buses (B), camiones (C) y motos (M).

**Tabla 55:** *Calculo de TPDA para 10 años.*

TPDA					
AÑO		A	B	C	M
	2018	2398	105	228	64
<b>1</b>	2019	2491	107	235	66
<b>2</b>	2020	2588	108	242	68
<b>3</b>	2021	2649	109	248	69
<b>4</b>	2022	2739	111	254	71
<b>5</b>	2023	2832	112	262	73
<b>6</b>	2024	2927	114	269	75
<b>7</b>	2025	3026	115	276	78
<b>8</b>	2026	3042	116	278	78
<b>9</b>	2027	3134	117	285	80
<b>10</b>	2028	3229	119	292	82
<b>TPDA ACUMULADO</b>		<b>31056</b>	<b>1233</b>	<b>2870</b>	<b>806</b>

Además mediante aforos de conteo volumétrico realizado se categorizo a los camiones según las características de peso por eje y se determinó el factor camión, los resultados se detallan a continuación.

**Tabla 56:** *Calculo del factor Camión.*

DENOMINACIÓN	VEHÍCULOS PRESENTES		FACTOR CAMIÓN
<b>A</b>	LIVIANOS		0,00085
<b>B</b>	BUSES		0,062
<b>C</b>	CAMIONES	2DA PEQUEÑO 2E	0,5351
		2DB GRANDE 2E	3,8024
		3A CAMIÓN 3-4E	3,6249
		3S2 CAMIÓN 5E	6,7291
		3S3 CAMIÓN >6E	5,1352
<b>M</b>	MOTOS		0,00085

El factor de distribución direccional (FD) se establece mediante el número de carriles existentes en la vía, en nuestro proyecto Por lo tanto  $FD = 45\%$ .

**Tabla 57:** *Factor de distribución direccional.*

# CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	% DE V.PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45
6 O MÁS	40

(NEVI, 2012)

Para determinar el factor de distribución de carril (FL), en nuestro proyecto, al tratarse de una vía de dos carriles (1 en cada sentido) el factor FL está en el valor del 90%.

**Tabla 58:** *Factor FL.*

NÚMERO DE CARRILES EN CADA DIRECCIÓN	% DE ESAL EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

(Cordo, 1998)

Con estos datos a continuación se calcula el número de ejes equivalentes mediante la ecuación:(MTOP, 2013)

$$N = TPD * A\% * F_D * F_1 * 365 * \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)} * FC_g$$

Ecuación 21.

Dónde: TPD: Tránsito promedio diario inicial. A: Porcentaje estimado de vehículos comerciales (camiones y buses). FD: Factor de distribución direccional. FL: Factor de distribución de carril. r: Tasa de crecimiento vehicular general o por tipo de vehículo. n: Período de diseño. FCg: factor camión de la vía. Cabe mencionar que las motocicletas no se consideran en el presente proyecto debido a que su peso es despreciable para el diseño, además se considera necesario realizar una corrección al número de ejes equivalentes (N) con el objetivo de proporcionar un determinado nivel de confianza para lo cual se utiliza la ecuación.(AASHTO, 1988)

$$N' = 10^{\sigma * Z_r} \times N$$

Ecuación 22.

Dónde: ( $\sigma$ ) es de 0.05 para pavimentos asfálticos.  $Z_r$ : corresponde a una distribución normal para una confiabilidad requerida. La vía a ser diseñada se clasifica como colectora en zona rural optando un valor de 90%

**Tabla 59:** Caracterización de Vía.

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
RUTAS INTERESTATALES Y AUTOPISTAS	85-99.9	80-99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80-99	75-99
COLECTORAS	80-95	75-95
LOCALES	50-80	50-80

(AASHTO, 1988)

A continuación se presenta el cálculo del número de ejes equivalentes (N) y la corrección al número de ejes (N') para los vehículos livianos, buses y camiones para el total del periodo de diseño que es de 20 años. Es importante que durante la vida útil de los pavimentos se realice una o varias rehabilitaciones, en el caso del proyecto se lo harán en la mitad del periodo de diseño que corresponde a 10 años.

**Tabla 60:** *Calculo de ejes equivalentes.*

		FC	PORCENTAJE	N	
TPDA ACUMULADO LIVIANOS	67980	0.00085	100%	8.54E+03	
		FC	PORCENTAJE	N	
TPDA ACUMULADO BUSES	2486	0.062	100%	2.28E+04	
		TIPO	FC	PORCENTAJE	N
TPDA ACUMULADO CAMIONES	6131	2DA	0.5351	27.52%	1.33E+05
		2DB	3.8024	38.99%	1.34E+06
		3A	3.6249	22.94%	7.53E+05
		3S2	6.7291	8.26%	5.04E+05
		3S3	5.1352	2.29%	1.07E+05
					2.84E+06
TPDA ACUMULADO TOTAL PARA 20 AÑOS (N)					2.87E+06
TPDA ACUMULADO TOTAL PARA 20 AÑOS (N')					3.33E+06

		FC	PORCENTAJE	N
TPDA ACUMULADO LIVIANOS	31056	0.00085	100%	3.90E+03

		FC	PORCENTAJE	N
TPDA ACUMULADO BUSES	1233	0.062	100%	1.13E+04

		TIPO	FC	PORCENTAJE	N
TPDA ACUMULADO CAMIONES	2870	0.5351	0.5351	27.52%	6.25E+04
		3.8024	3.8024	38.99%	6.29E+05
		3.6249	3.6249	22.94%	3.53E+05
		6.7291	6.7291	8.26%	2.36E+05
		5.1352	5.1352	2.29%	5.00E+04
					1.33E+06

TPDA ACUMULADO TOTAL PARA 10 AÑOS (N)				1.34E+06
TPDA ACUMULADO TOTAL PARA 10 AÑOS (N')				1.56E+06

### 5.2.5.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE 1ER MÉTODO, MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Según el número de muestras se obtuvo valores de CBR diseño, se tomara como percentil 87.5 debido al tráfico.

**Tabla 61:** Percentiles según número de ejes de 8.2 toneladas

LÍMITES PARA SELECCIÓN DE RESISTENCIA	
NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA HALLAR LA RESISTENCIA
$<10^6$	60
$10^4 - 10^6$	75
$>10^6$	87.5

Fuente (Fonseca, 1998)

Además de los valores de CBR que se obtuvieron del suelo en diferentes puntos se determina el número de valores mayores o iguales para cada valor, los resultados se presentan a continuación.

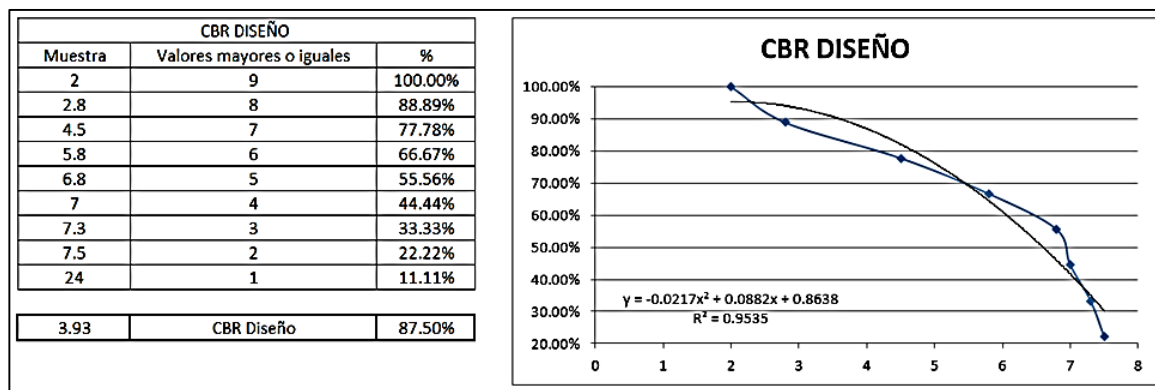


Figura 45: Diseño de CBR.

Para cada una de las 9 calicatas se determinó el daño relativo y se obtuvo el promedio y el módulo resiliente (Lb/pulg²).

CALICATA	CBR	MR (KG/CM <sup>2</sup> )	MR (LB/PULG <sup>2</sup> )	DAÑO RELATIVO	DAÑO RELATIVO PROMEDIO	MR (KG/CM <sup>2</sup> )	MR (LB/PULG <sup>2</sup> )
1	2,8	280	4200	0,45	0,22	6000	421,941
2	6,8	680	10200	0,06			
3	5,8	580	8700	0,09			
4	2	200	3000	1			
5	24	2400	36000	0,055			
6	7	700	10500	0,055			
7	4,5	450	6750	0,18			
8	7,3	730	10950	0,05			
9	7,5	750	11250	0,05			

Figura 46: Modulo Resiliente.

Con el dato del Módulo resiliente de 421.941 y el número de ejes equivalentes para 20 años que es de 2.87E+06 se determina la estructura del pavimento

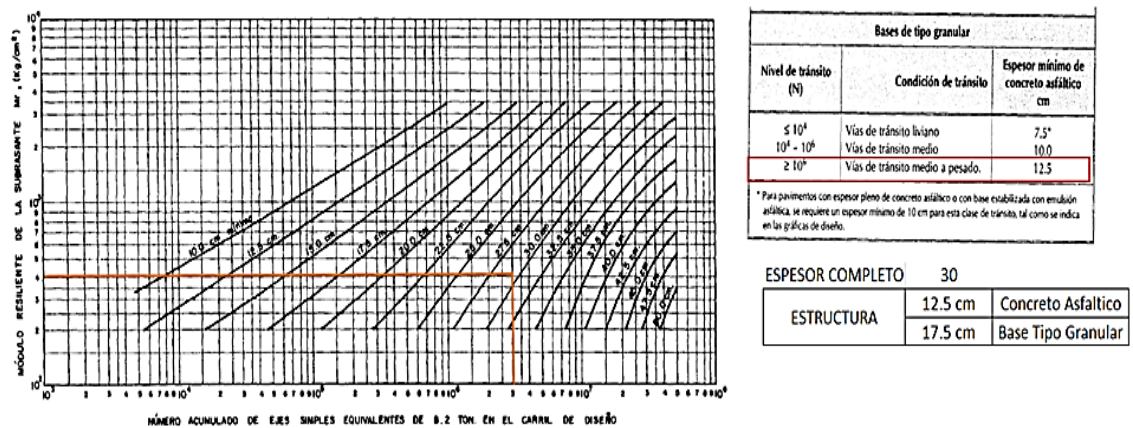


Figura 47 a: Estructura del pavimento

Si se utiliza base estabilizada con emulsión tipo II la recomendación de la estructura sería:



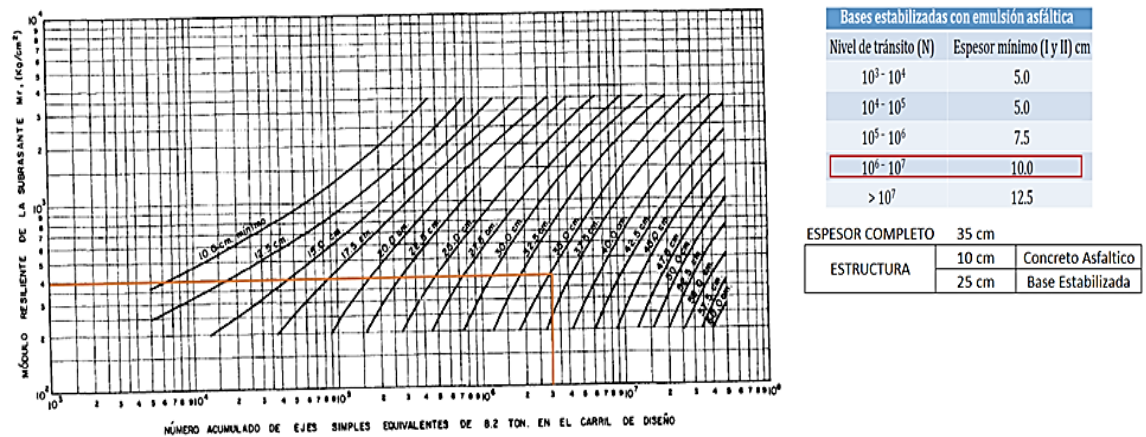


Figura 48 b: Estructura del pavimento

### 5.2.5.2 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE 2 DO MÉTODO, MÉTODO DE LA AASHTO

Para el cálculo del número estructural SN se emplea el CBR de diseño y el módulo resiliente MR. El valor del SN es un valor abstracto, y que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, bajo una combinación dada de soporte de suelo (MR), de tránsito (W18), de la servicialidad y de las condiciones ambientales (Montejo, 1998). A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos del cálculo del número estructural para la subrasante, base, subbase.

Tabla 62: Datos para número estructural.

<b>SUB RASANTE</b>	MR (PSI)	6000	MR (PSI)	6000	<b>SUB RASANTE</b>
	Po	4,2	po	4,2	
	Pt	2,5	pt	2,5	
	So	0,45	So	0,45	
	% confianza	90%	% confianza	90%	
	ZR	-1,282	ZR	-1,282	
	ΔPSI	1,7	ΔPSI	1,7	
	W18	2,87E+06	W18	1,34E+06	
	LOG W18	6,458201248	LOG W18	6,1287088	
	ECUACIÓN		ECUACIÓN		
	LOG W18	6,45819699	LOG W18	6,1287087	
	SN	4,454022036	SN	3,9611366	
		<b>20 años</b>			<b>10 años</b>

SUB BASE CBR 30	MR (PSI)	14500	CBR BASE 80	MR (PSI)	28500
	ΔPSI	1,7		ΔPSI	1,7
	W18	2,87E+06		W18	2,87E+06
	LOG W18	6,458201248		LOG W18	6,458201248
	ECUACIÓN			ECUACIÓN	
	LOG W18	6,458199215		LOG W18	6,458207619
	SN	3,21293558		SN	2,47672874

Para la determinación de los cálculos de los espesores (D) se utilizaron las siguientes ecuaciones.(Fonseca, 1998)

$$SN_1' = a_1 * m_1 * D_1'$$

$$SN_2' = a_2 * m_2 * D_2'$$

$$SN_3' = a_3 * m_3 * D_3'$$

Ecuación 23.

*Dónde:*

*ai:* Coeficiente estructural de la capa i, el cual depende de la característica del material con que ella se construya.

*di:* Espesor de la capa i en pulgadas.

*mi:* Coeficiente de drenaje de la capa i.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

**Tabla 63:** Resultados de espesores de capas.

ASFALTO	mi	1			15 cm
	SN1	2,4767			
	a1	0,44	ASUMIDO		
	D1	5,63	5,905512	pulg	
	SN1*	2,598425197			
BASE	m2=m3	1			20 cm
	SN2	3,2129			
	a2	0,135	ASUMIDO		
	D2	4,552	7,874402	pulg	
	a2m2d2+SN1*	3,661469409			
	SN2*	1.063044213			



SUB BASE	SN3	4,4540			20 cm
	a3	0,115	ASUMIDO		
	D3*	6,892	7,874016	pulg	
	SN TOTAL	4,56698122	21,65393	pulg	

En cuanto a la rehabilitación se la realizo en un periodo de 10 años

LOG W18	6,814	6,429	SN 20 AÑOS	SN 10 AÑOS				
W18	6,52E+06	2,69E+06	4,454	3,961				
	<b>W18</b>	<b>W18 FINAL</b>	<b>RL</b>		<b>CF</b>	<b>SNEFF</b>	<b>REFUERZO SN</b>	
2018	1,34E+06	2,69E+06	49,94%	0,499	0,890	3,524	0,930	<b>2,113</b>
2028	1,53E+06	6,52E+06	76,58%	0,766	0,983	4,380	REFUERZO ADICIONAL EN PULGADAS	

## CAPITULO VI

### 6. RESULTADOS

#### 6.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

##### 6.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

Una vez realizado el Diseño Geométrico Horizontal, y verificado su cumplimiento con las normativas legales vigentes de nuestro país, presentamos en la siguiente Tabla los resultados de las Curvas del Trazado.

**Tabla 64:** Datos de diseño geométrico horizontal de curvas del proyecto.

Curva #	Radio =	Longitud =	PC =	PT =	Tangente =
C1	105	79,237	0+077,275	0+156,512	12,129
C2	105	19,809	0+239,035	0+258,844	3,02
C3	105	70,557	0+372,899	0+443,456	10,791
C4	105	126,814	0+500,472	0+627,286	19,548
C5	105	127,551	0+694,502	0+822,053	19,664
C6	105	329,4	0+928,053	1+257,453	54,411
C7	105	228,454	1+059,510	1+287,964	36,151
C8	105	308,587	1+399,764	1+708,351	50,448
C9	105	175,743	1+661,821	1+837,564	27,38
C10	105	89,333	1+766,538	1+855,871	13,691
C11	105	51,785	1+850,073	1+901,858	7,907
C12	105	102,027	1+944,688	2+046,715	15,664
C13	105	122,22	2+004,289	2+126,509	18,824
C14	105	215,876	2+094,362	2+310,238	34,02
C15	105	302,625	2+329,670	2+632,295	49,334
C16	105	288,923	2+457,383	2+746,306	46,809
C17	105	363,015	2+559,406	2+922,421	61,083
C18	105	230,755	2+671,154	2+901,909	36,544
C19	105	259,051	2+810,081	3+069,132	41,451
C20	105	293,472	2+964,194	3+257,666	47,642
C21	105	30,022	3+201,198	3+231,220	4,578
C22	105	47,56	3+317,404	3+364,964	7,26
C23	105	395,121	3+478,903	3+874,024	67,82
C24	105	127,104	3+723,480	3+850,584	19,593
C25	105	63,436	3+822,944	3+886,380	9,695
C26	105	168,954	3+893,745	4+062,699	26,277

### 6.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

Una vez realizado el Diseño Geométrico Vertical, y verificado su cumplimiento con las normativas legales vigentes de nuestro país, presentamos en la siguiente Tabla los resultados de las Curvas del Trazado.

**Tabla 65:** Datos de diseño de curvas verticales del proyecto.

CURVA	LONGITUD	PCV	COTA	PTV	COTA	PIV	COTA
1	182,031	0+018,461	2243,821	0+200,492	2237,333	0+109,476	2235,975
2	36,644	0+520,803	2242,115	0+557,447	2243,035	0+539,125	2242,388
3	136,409	1+149,794	2243,821	1+286,203	2273,917	1+217,998	2266,341
4	159,928	1+517,090	2299,561	1+677,018	2305,697	1+597,054	2308,442
5	133,653	1+974,716	2295,48	2+108,369	2295,855	2+041,542	2293,186
6	123,655	2+395,556	2307,322	2+519,211	2305,309	2+457,383	2309,79
7	307,93	2+587,523	2300,357	2+895,453	2304,376	2+741,488	2289,197
8	102,081	2+895,662	2304,397	2+997,743	2309,724	2+946,702	2309,429
9	110,499	3+162,674	2310,679	3+273,173	2305,768	3+217,923	2310,999
10	336,529	3+568,696	2277,792	3+905,225	2277,393	3+736,960	2261,863

### 6.1.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para determinar el volumen producido por el movimiento de tierras, se necesitaba información o resultados de otros Diseños que forman parte del presente proyecto, como son:

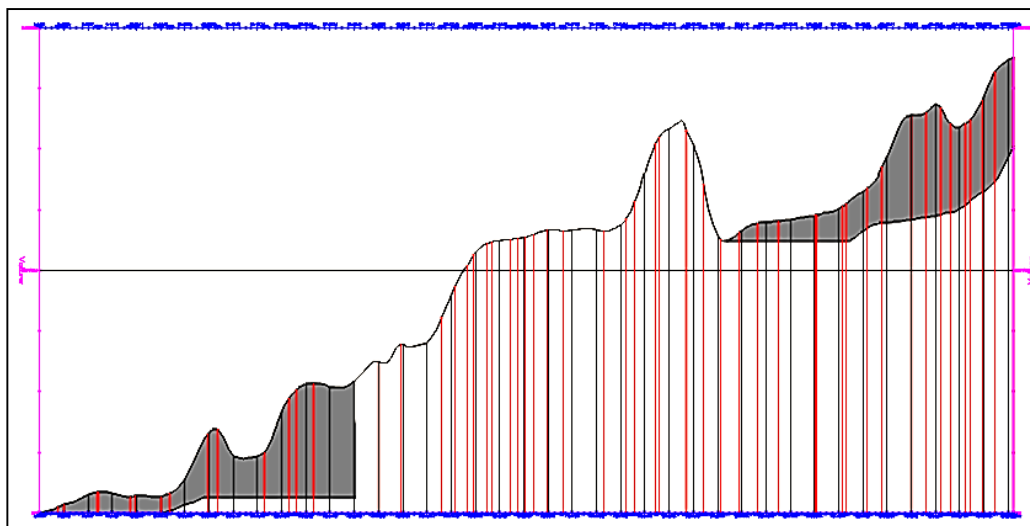
- Diseño vertical de la Vía.
- Sección de la vía, de acuerdo al TPDA.
- Estructura del Pavimento, de acuerdo al Diseño de Pavimentos.
- Sección de la cuneta de acuerdo al Diseño Hidráulico
- Y teniendo claro que el acarreo libre será menor a 500 m
- Ya con toda esta información realizamos el corredor de la vía con la sección solicitada, y obtenemos los volúmenes de corte y relleno que son necesarios para los volúmenes de obra y elaboración del Presupuesto.

A continuación en la siguiente Tabla el resumen de los volúmenes del Movimiento de Tierras, el detalle completo por abscisas lo encontraremos en los Anexos.

**Tabla 66:** Resumen de movimiento de tierras.

<b>VOL. DESMONTE ACUMUL. (METROS CÚBICOS)</b>	<b>VOL. TERRAPLÉN ACUMUL. (METROS CÚBICOS)</b>	<b>VOL. NETO ACUMUL. (PIES CÚBICOS)</b>
282458.4	94719.69	187738.7

A continuación en la siguiente Gráfica observamos la curva de masa, donde el color plomo indica el movimiento del acarreo libre.



*Figura 49: Curva de masas del proyecto.*

## 6.2 ESTUDIO DE TRANSITO

Después de obtenido el TPDA proyectado y con la clasificación del tipo de vía, se pueden obtener los datos de la sección de vía:

**Tabla 67:** *Resultados de TPDA.*

<b>ANCHO CALZADA (M)</b>	<b>ANCHO ESPALDÓN (M)</b>	<b>GRADIENTE ESPALDÓN (%)</b>	<b>SUPERFICIE DE RODADURA</b>
7,3	1,5	4	CONCRETO ASFALTICO

## 6.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 6.3.1 RESULTADOS DE DISEÑO PARA LAS CUNETAS

Ya con el caudal en las cunetas del agua lluvia de las vías, procedemos a verificar una sección de cuneta que pueda desfogar este caudal hacia las alcantarillas, evitando derrame y estancamiento, por lo que en la siguiente Tabla observamos los cálculos y el cumplimiento del área de la sección de la cuneta, la



Universidad de Cuenca

revisión del calado y que las velocidades estén dentro del rango admisibles de acuerdo al tipo de material de la cuneta





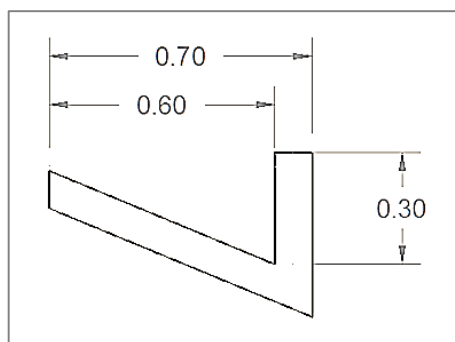
**Tabla 68:** *Secciones de Cunetas.*

No.	ABSCISA	za	zb	h (m)	T(m)	A (m^2)	P(m)	R (m)	So	abs(So)	A (m2)	V (m/s)	Rev. de Area	Rev. calado	Rev. velocidad
1	0+000,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,045	0,045	0,039	1,821	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	0+176,23														
	0+176,23	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,013	0,013	0,045	0,993	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	0+280,00														
2	0+280,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,015	0,015	0,046	1,054	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	0+400,00														
3	0+400,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,015	0,015	0,046	1,054	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	0+520,00														
4	0+520,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,033	0,033	0,051	1,575	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	0+720,00														
5	0+720,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,035	0,035	0,040	1,620	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	1+000,00														
6	1+000,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,045	0,045	0,050	1,824	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	1+240,00														
7	1+240,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,107	0,107	0,025	2,826	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	1+400,00														



No.	ABSCISA	za	zb	h (m)	T(m)	A (m <sup>2</sup> )	P(m)	R (m)	So	abs(So)	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	Rev. de Area	Rev. calado	Rev. velocidad
8	1+400,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,083	0,083	0,041	2,492	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	1+637,10														
9	1+637,10	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,031	0,031	0,051	1,513	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	1+840,00														
10	1+840,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,029	0,029	0,031	1,465	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	2+037,10														
	2+037,10	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,033	0,033	0,030	1,566	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	2+240,00														
11	2+240,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,035	0,035	0,049	1,624	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	2+440,00														
12	2+440,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,045	0,045	0,035	1,836	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	2+717,49														
	2+717,49	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,053	0,053	0,031	1,981	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	2+980,00														
13	2+980,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,007	0,007	0,030	0,736	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	3+075,00														
14	3+075,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,006	0,006	0,034	0,645	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	3+169,02														
15	3+169,02	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,076	0,076	0,046	2,385	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	3+440,00														
16	3+440,00	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	-0,076	0,076	0,044	2,373	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	3+702,53														
17	3+772,68	0,55	2,80	0,176	0,59	0,052	0,72	0,07	0,071	0,071	0,051	2,294	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	4+020,19														

Lo que nos da como resultado la sección de la cuneta que observamos en la siguiente Figura que está a continuación:



*Figura 50: Sección de cuneta.*

### **6.3.2 RESULTADOS DE DISEÑO PARA LAS ALCANTARILLAS**

Una vez que desfogamos el caudal de las cunetas, debemos percatarnos que la alcantarilla satisfaga ese caudal, verificar el control de la misma si es de entrada o salida para el cálculo de las mismas.

Por la topografía y el diseño geométrico vertical, no nos coincidieron las quebradas con las alcantarillas de desfogue, así que también fueron calculadas, a continuación se observa en la siguiente Tabla los cálculos:

**Tabla 69:** Resultados de cálculo de alcantarillas.

No.	abscisas	D(m)	tipo	CAPACIDAD AD (prediseño)	D (m) ASUMIDO	Zc	Yc /D	Yc (m)	Pc (m)	Rc (m)	Sc			Hs	He	Hf	HE (m)	D + 0,30	RESULTADO
1	0+176,2	0,366	CIRCULAR	0,000	1,2	0,04	0,270	0,324	1,311	0,188	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
2	0+280,0	0,258	CIRCULAR	0,000	1,2	0,02	0,261	0,313	1,286	0,182	0,000	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
3	0+400,0	0,258	CIRCULAR	0,000	1,2	0,02	0,261	0,313	1,286	0,182	0,000	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
4	0+520,0	0,316	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,265	0,318	1,298	0,185	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
5	0+720,0	0,291	CIRCULAR	0,000	1,2	0,02	0,263	0,316	1,292	0,184	0,000	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
Q1	0+769,5	1,899	CIRCULAR	0,000	2	2,26	0,515	1,030	3,202	0,509	0,029	So >Sc	ENTRADA	1,600	0,176	0,101	2,229	2,300	CUMPLE
6	1+000,0	0,334	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,267	0,320	1,302	0,186	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
7	1+240,0	0,299	CIRCULAR	0,000	1,2	0,02	0,264	0,316	1,294	0,184	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
8	1+400,0	0,350	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,268	0,322	1,306	0,187	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
9	1+840,0	0,313	CIRCULAR	0,000	1,2	0,02	0,265	0,318	1,297	0,185	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
10	2+037,1	0,335	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,267	0,320	1,302	0,186	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
11	2+240,0	0,316	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,265	0,318	1,298	0,185	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
12	2+717,5	0,378	CIRCULAR	0,000	1,2	0,04	0,271	0,325	1,314	0,188	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,962	1,500	CUMPLE
Q2	2+742,0	1,440	CIRCULAR	0,000	1,6	1,13	0,483	0,773	2,458	0,391	0,030	So >Sc	ENTRADA	1,280	0,108	0,072	1,676	1,900	CUMPLE
13	2+980,0	0,189	CIRCULAR	0,000	1,2	0,01	0,257	0,309	1,277	0,180	0,000	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
14	3+075,0	0,188	CIRCULAR	0,000	1,2	0,01	0,257	0,309	1,277	0,180	0,000	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,960	1,500	CUMPLE
15	3+440,0	0,357	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,269	0,323	1,308	0,187	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
16	3+702,5	0,353	CIRCULAR	0,000	1,2	0,03	0,268	0,322	1,307	0,187	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE
17	3+772,7	0,366	CIRCULAR	0,000	1,2	0,04	0,270	0,324	1,311	0,188	0,001	So >Sc	ENTRADA	0,960	0,000	0,000	0,961	1,500	CUMPLE



Como se puede observar los diámetros de las alcantarillas son menores a 1200mm, pero se asume ésta para lo que corresponde a limpieza de las mismas, en las quebradas necesitamos un diámetro de 2000mm para la Quebrada 1 y de 1600mm para la Quebrada 2.

#### **6.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO**

En el caso del primer talud, se encuentra la solución utilizando el método de taludes infinitos mediante un sencillo cálculo utilizando una hoja de Excel. Se encontró el factor de seguridad  $FSs = 1.5$ , indicando que es estable y no necesita intervención alguna. Para el caso del segundo talud, con la geometría inicial, el software no arrojaba factores de seguridad que indiquen que el talud es estable, por tanto, se realizaron cambios en su geometría, llegando a obtener un ángulo de talud más pequeño y por tanto un factor de seguridad cercano a 1.75.

#### **6.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS**

La estructura de pavimentos debe soportar un tráfico de:

El TPDA para 20 años es de  $2.87E+06$

El TPDA para 10 años es de  $1.34E+06$

Además se obtuvo un valor de CBR de diseño de 3.93

Empleando el estudio de suelos, los aforos de tráfico y el empleo del método de la American Association of State Highway and Transportation Officials para el cálculo de pavimentos flexibles, se determinó la estructura del pavimento de la siguiente manera:

**PAVIMENTO FLEXIBLE.** Según el MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO la estructura de pavimento que se obtuvo fue de:

- Utilizando una base estabilizada con emulsión tipo II de 25 cm, se requiere 10 cm de concreto Asfáltico

Según el MÉTODO DE LA AASHTO la estructura de pavimento que se obtuvo fue de:

- Se necesita 7.62 cm de Asfalto



- Se necesita 32 cm de Base
- Se necesita 35 cm de Súbase

A los 10 años se realizar la rehabilitación y se debe colocar espesor de 5 cm.

## **6.6 SEÑALIZACIÓN VIAL**

El cuadro de resultados del estudio vial se encuentra en la sección anexos.



## CAPITULO VII

### 7. VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### 7.1 VOLÚMENES DE OBRA

Cantidades de obra, proyecto: diseño de la vía periurbana las cuadras - capilla pamba, para el cantón Chordeleg.

##### 7.1.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

###### Desbroce, Desbosque y Limpieza

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)		
4020,191		13,7		1	55076,62	LONGITUD TOTAL DE LA VIA
				TOTAL=	<b>5,507662</b>	<b>Ha</b>

###### Replanteo y nivelación

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	(m)	
4020,191					4020,19	LONGITUD TOTAL DE LA VIA
				TOTAL=	<b>4,02019</b>	<b>Km</b>





### 7.1.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					282458,41	VOLUMEN TOTAL DE CORTE
					94719,68	VOLUMEN TOTAL DE RELLENO
					-42368,76	A SITIOS DE BOTE
				TOTAL=	<b>240089,65</b>	<b>CORTE - SITIO DE BOTE</b>

#### Excavacion Mecanica en suelo sin Clasificar

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					240089,65	
				TOTAL=	<b>240089,65</b>	<b>m3</b>

#### Excavacion en Suelo Conglomerado

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					28245,84	
				TOTAL=	<b>28245,84</b>	<b>m3</b>

#### Excavacion en roca

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					14122,92	
				TOTAL=	<b>14122,92</b>	<b>m3</b>

#### Cargado de Material con Cargadora

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
				SUBTOTAL=	240089,65	
					25%	FACTOR DE EXPANSION
				TOTAL=	<b>300112,06</b>	<b>m3</b>



**Transporte de materiales hasta 6 km**

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	CONSIDERADO	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					300112,06	VOL. CARGADO
				TOTAL=	<b>300112,06</b>	<b>m3</b>

**Transporte de materiales más de 6 km (sobrecarreo)**

LONGITUD	VOLUMEN			VOL.	OBSERVACION
(km)	(m3)			TOTAL (m3-)	
7	8			56	
				TOTAL=	<b>56,00</b> <b>m3-km</b>

**Terraplanado con material de préstamo (zonas de relleno)**

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					52350,92	
				TOTAL=	<b>42368,76</b>	<b>m3</b>

**Terraplanado con material de sitio (zonas de relleno)**

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
					52350,92	
				TOTAL=	<b>52350,92</b>	<b>m3</b>

**Acabado de la obra básica existente**

LONGITUD		ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)		(m)	(m)	(unidades)		
4020,191		6		1	24121,15	LONGITUD TOTAL DE LA VIA
				TOTAL=	<b>24121,15</b>	<b>m2</b>

### 7.1.3 CUNETAS Y BORDILLOS

Excavación para cunetas, canales y encauzamientos

ABSCISA (m)		ANCHO	PROFUNDIDAD	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
inicio	fin	(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
0+000,00	4+020,19	0,1	0,40	2	321,62	BORDILLO
0+000,00	4+020,19	0,6	0,30	2	723,63	CUNETA
TOTAL=					<b>1045,25</b>	<b>m3</b>

Relleno con material de préstamo local (para estructuras).

ABSCISA (m)		ANCHO	PROFUNDIDAD	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
inicio	fin	(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
0+000,00	4+020,19	0,3	0,30	2	723,63	POR DETRAS BORDILLO
TOTAL=					<b>723,63</b>	<b>m3</b>

Hormigón Estructural de Cemento Portland Clase "C" f'c=180 Kg/Cm2 (Inc. encofrados)

ABSCISA (m)		ANCHO	PROFUNDIDAD	PIEZAS	VOL.	OBSERVACION
inicio	fin	(m)	(m)	(unidades)	TOTAL (m3)	
0+000,00	4+020,19	0,1	0,40	2	321,62	BORDILLO
0+000,00	4+020,19	0,1	0,63	2	506,54	CUNETA
TOTAL=					<b>828,16</b>	<b>m3</b>

Encofrado para cunetas con bordillo

ABSCISA (m)		ONGITU	CANTIDAD		TOTAL	OBSERVACION
INICIO	FINAL	etros lineal	(unidades)		(ml)	
0+000,00	4+020,19	4020,19	2		8040,382	Dos lados de la longitud
						total de la vía
TOTAL=					<b>8040,38</b>	<b>ml</b>



## 7.1.4 MUROS

### Excavacion y relleno para estructuras

	Muro cabeza	Solera					
Largo	2,7	4,7	Volumen= (Prom largo de solera) * ( Altura de cabezal ) * (Largo del muro del cabezal)				
Largo		2,7					
Prom		3,7					
ABSCISAS	COTAS			Vol. Excavación	Vol. Excavación	VOL.	OBSERVACION
	Entrada	Salida	Proyecto	entrada (m3)	salida (m3)	TOTAL (m3)	
0+176,2	2234,561	2234,144	2237,144	25,80	29,97	55,77	Volúmen de Muros de cabezal
0+280,0	2235,97	2235,52	2238,52	25,47	29,97	55,44	Volúmen de Muros de cabezal
0+400,0	2237,815	2237,311	2240,311	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
0+520,0	2239,607	2239,103	2242,103	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
0+720,0	2246,274	2245,77	2248,77	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
0+769,5	2239,868	2239,364	2250,516			0	Se construye primero Muros
1+000,0	2256,154	2255,65	2258,65	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
1+240,0	2266,792	2266,378	2269,378	25,83	29,97	55,80	Volúmen de Muros de cabezal
1+400,0	2284,0306	2283,556	2286,556	25,23	29,97	55,20	Volúmen de Muros de cabezal
1+840,0	2297,608	2297,104	2300,104	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
2+037,1	2291,923	2291,419	2294,419	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
2+240,0	2298,614	2298,11	2301,11	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
2+717,5	2293,132	2292,628	2295,628	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
2+742,0	2278,002	2277,498	2295,789			0	Se construye primero Muros
2+980,0	2306,98	2306,479	2309,479	24,97	29,97	54,94	Volúmen de Muros de cabezal
3+075,0	2307,606	2307,171	2310,171	25,62	29,97	55,59	Volúmen de Muros de cabezal
3+440,0	2287,47	2286,975	2289,975	25,02	29,97	54,99	Volúmen de Muros de cabezal
3+702,5	2267,565	2267,097	2270,097	25,29	29,97	55,26	Volúmen de Muros de cabezal
3+772,7	2268,007	2267,503	2270,503	24,94	29,97	54,91	Volúmen de Muros de cabezal
43209,22				TOTAL=		937,18	m3



**Hormigon Ciclopeo (40% piedra y 60% Hormigon Clase "C",  $f'_c=180\text{Kg/cm}^2$ )**

LONGITUD	ALTURA	BASE	AREA		VOL TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )		(m <sup>3</sup> )	
1,00	1,00	1,00	1,00		1	Hormigon Ciclopeo
				TOTAL=	<b>1,00</b>	<b>m3</b>

**Hormigón Simple tipo "B"  $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

	Muro Cabeza	Aleta	Solera	Dentellon
Largo			2,3	4,7
Ancho	2,7	1,7	3,7	0,4
Espesor	0,25	0,2	0,2	0,25
Volumen			1,7	0,47



ABSCISAS	COTAS			Vol. Muro cabezal	Muro cabezal	VOL. TOTAL (m3)	OBSERVACION
	Entrada	Salida	Proyecto	entrada (m3)	salida (m3)		
0+176,2	2234,561	2234,144	2237,144	5,33	5,90	11,22	Volúmen de Muros de cabezal
0+280,0	2235,97	2235,52	2238,52	5,29	5,90	11,18	Volúmen de Muros de cabezal
0+400,0	2237,815	2237,311	2240,311	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
0+520,0	2239,607	2239,103	2242,103	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
0+720,0	2246,274	2245,77	2248,77	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
0+769,5	2239,868	2239,364	2250,516	5,50	6,00	11,50	Volúmen de Muros de cabezal
1+000,0	2256,154	2255,65	2258,65	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
1+240,0	2266,792	2266,378	2269,378	5,33	5,90	11,23	Volúmen de Muros de cabezal
1+400,0	2284,0306	2283,556	2286,556	5,25	5,90	11,15	Volúmen de Muros de cabezal
1+840,0	2297,608	2297,104	2300,104	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
2+037,1	2291,923	2291,419	2294,419	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
2+240,0	2298,614	2298,11	2301,11	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
2+717,5	2293,132	2292,628	2295,628	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
2+742,0	2278,002	2277,498	2295,789	5,50	6,00	11,50	Volúmen de Muros de cabezal
2+980,0	2306,98	2306,479	2309,479	5,22	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
3+075,0	2307,606	2307,171	2310,171	5,31	5,90	11,20	Volúmen de Muros de cabezal
3+440,0	2287,47	2286,975	2289,975	5,22	5,90	11,12	Volúmen de Muros de cabezal
3+702,5	2267,565	2267,097	2270,097	5,26	5,90	11,16	Volúmen de Muros de cabezal
3+772,7	2268,007	2267,503	2270,503	5,21	5,90	11,11	Volúmen de Muros de cabezal
			43209,22		TOTAL=	212,33	m3



## 7.1.5 DRENAJE

### Excavacion y relleno para estructuras

ABSCISAS	COTAS			ANCHO	PROFUNDIDAD	VOL.	OBSERVACION	LONGITUD
	Entrada	Salida	Proyecto	(m)	(m)	TOTAL (m3)		
0+176,2	2234,561	2234,144	2237,144	2,00	2,79	77,6	Alcantarilla de D=1200mm	13,9
0+280,0	2235,97	2235,52	2238,52	2,00	2,78	83,25	Alcantarilla de D=1200mm	15
0+400,0	2237,815	2237,311	2240,311	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
0+520,0	2239,607	2239,103	2242,103	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
0+720,0	2246,274	2245,77	2248,77	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
0+769,5	2239,868	2239,364	2250,516	2,40	0,00	0	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
1+000,0	2256,154	2255,65	2258,65	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
1+240,0	2266,792	2266,378	2269,378	2,00	2,79	77,09	Alcantarilla de D=1200mm	13,8
1+400,0	2284,0306	2283,556	2286,556	2,00	2,76	87,41	Alcantarilla de D=1200mm	15,82
1+840,0	2297,608	2297,104	2300,104	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
2+037,1	2291,923	2291,419	2294,419	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
2+240,0	2298,614	2298,11	2301,11	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
2+717,5	2293,132	2292,628	2295,628	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
2+742,0	2278,002	2277,498	2295,789	2,80	0,00	0	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
2+980,0	2306,98	2306,479	2309,479	2,00	2,75	91,83	Alcantarilla de D=1200mm	16,7
3+075,0	2307,606	2307,171	2310,171	2,00	2,78	80,69	Alcantarilla de D=1200mm	14,5
3+440,0	2287,47	2286,975	2289,975	2,00	2,75	90,83	Alcantarilla de D=1200mm	16,5
3+702,5	2267,565	2267,097	2270,097	2,00	2,77	86,3	Alcantarilla de D=1200mm	15,6
3+772,7	2268,007	2267,503	2270,503	2,00	2,75	92,33	Alcantarilla de D=1200mm	16,8
			43209,22		TOTAL=	1505,97	m3	



**Tubería de Acero Corrugado Ø = 1.20 m. Cal. 2.5 mm**

ABSCISA	DIAMETRO	LONGITUD	LONG. TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(ml)	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	13,80	13,80	
0+000,00	1,2	13,80	13,80	
0+000,00	1,2	13,80	13,80	
0+000,00	1,2	13,80	13,80	
0+000,00	1,2	13,80	13,80	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
0+000,00	1,2	0,00	0,00	
		<b>TOTAL=</b>	<b>82,80</b>	<b>ml</b>

**Tubería de Acero Corrugado Ø = 1.60 m. Cal. 2.5 mm**

ABSCISA	DIAMETRO	LONGITUD	LONG. TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(ml)	
0+769,50	1,6	16,80	16,80	
		<b>TOTAL=</b>	<b>16,80</b>	<b>ml</b>

**Tubería de Acero Corrugado Ø = 2.00 m. Cal. 2.5 mm**

ABSCISA	DIAMETRO	LONGITUD	LONG. TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(ml)	
2+742,00	2	16,80	16,80	
		<b>TOTAL=</b>	<b>16,80</b>	<b>ml</b>

### 7.1.6 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

#### Relleno con material pétreo emporado con mejoramiento

LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(unidades)		
100	13,7	0,3	1	411	TRAMO INICIAL
TOTAL=				<b>411</b>	<b>m3</b>

#### Sub base conformación y compactación con equipo pesado

LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(unidades)		
4020,191	13,7	0,2	1	11015,32	ESTRUCTURA DE VIA
TOTAL=				<b>11015,32</b>	<b>m3</b>

#### Base de Agregados Clase 1 tipo "A ó B"

LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	PIEZAS	TOTAL	OBSERVACION
(m)	(m)	(m)	(unidades)		
4020,191	13,7	0,2	1	11015,32	ESTRUCTURA DE VIA
TOTAL=				<b>11015,32</b>	<b>m3</b>

#### Imprimacion asfáltica con barrido mecanico

ABSCISA (m)	LONG.	ANCHO		TOTAL	OBSERVACION
inicio	fin	(m)	(m)	(m2)	
0+000,00	4+020,19	4020,19	13,7	55076,6167	CALZADA
TOTAL=				<b>55076,6167</b>	<b>m2</b>

#### Carpeta asfáltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta

En un tiempo no mayor a 10 años se deberá colocar otra capa de 2"

ABSCISA (m)	LONG.	ANCHO		TOTAL	OBSERVACION
inicio	fin	(m)	(m)	(m2)	
0+000,00	4+020,19	4020,19	13,7	55076,6167	CALZADA
TOTAL=				<b>55076,6167</b>	<b>m2</b>

### 7.1.7 SEGURIDAD VIAL

#### Guardavía doble, tipo viga metálica

ABSCISA (m)		LONG.			TOTAL	OBSERVACION
inicio	fin	(m)			(m)	
1+400,00	1+500,00	100,00			100	
2+539,50	2+672,50	133,00			133	
3+400,00	3+553,00	153,00			153	
				TOTAL=	<b>386</b>	<b>m</b>

#### Marcas permanentes del pavimento (pintura sobre la calzada)

ABSCISA (m)		LONG.	dis. Marcada	dis. Sin pintar	TOTAL	OBSERVACION
inicio	fin	(m)			(m)	
0+000,00	4+020,19	4020,19			4020,191	Longitud Total
0+140,00	0+900,00	760,00	3	9	-570	Linea entre cortada
1+170,00	2+000,00	830,00	3	9	-622,5	Linea entre cortada
1+715,00	2+000,00	285,00	3	9	-213,75	Linea entre cortada
2+200,00	2+300,00	100,00	3	9	-75	Linea entre cortada
3+100,00	3+330,00	230,00	3	9	-172,5	Linea entre cortada
3+680,00	3+950,00	270,00	3	9	-202,5	Linea entre cortada
				TOTAL=	2163,941	m
				TOTAL=	<b>2,16</b>	<b>km</b>

### Señales al lado de la carretera

ABSCISA (m)	CANTIDAD		TOTAL	OBSERVACION
	(unidades)		(u)	
0+000,00	1	GUALACEO- CHORDELEG	1	PARE
0+000,00	1	CHORDELEG - GUALACEO	1	PARE
0+020,00	1		1	PARE
0+037,00	1		1	CURVA
0+060,00	1		1	ROMPE VELOCIDADES
0+140,00	1		1	CURVA
0+327,00	1		1	CURVA
0+523,00	1		1	CURVA
0+769,50	1		1	CURVA
0+885,00	1		1	CURVA
1+170,00	1		1	ZONA DE CURVAS
1+358,00	1		1	CURVA
1+534,00	1		1	CURVA
1+620,00	1		1	CURVA
1+900,00	1		1	CURVA
2+200,00	1		1	CURVA
2+286,00	1		1	CURVA
2+412,00	1		1	ZONA DE CURVAS
2+454,00	1		1	CURVA
2+766,00	1		1	ZONA DE CURVAS
2+780,00	1		1	ZONA DE CURVAS
3+092,00	1		1	ZONA DE CURVAS
3+327,00	1		1	CURVA
3+680,00	1		1	CURVA
3+855,00	1		1	CURVA
3+987,00	1		1	CURVA
3+987,00	1		1	ROMPE VELOCIDADES
4+022,00	1	CHORDELEG - SIGSIG	1	PARE
4+022,00	1	SIGSIG - CHORDELEG	1	PARE
TOTAL=			<b>26,00</b>	<b>u</b>



### Letreros de Advertencia

ABSCISA (m)	ANTIDAD		TOTAL	OBSERVACION
	(unidades)		(u)	
0+012,00	1		1	CICLOVIA
0+100,00	1		1	VELOCIDAD MAXIMA
0+260,00	1		1	REDUZCA LA VELOCIDAD
3+800,00	1		1	REDUZCA LA VELOCIDAD
3+900,00	1		1	VELOCIDAD MAXIMA
4+016,00	1		1	PARE
4+021,00	1		1	CICLOVIA

TOTAL=	<b>13,00</b>	<b>u</b>
--------	--------------	----------

### Letreros de Información

ABSCISA (m)	ANTIDAD		TOTAL	OBSERVACION
	(unidades)		(u)	
0+000,00	1	GUALACEO- CHORDELE	1	INFORMACION
0+000,00	1	CHORDELEG - GUALACEO	1	INFORMACION
4+022,00	1	SIGSIG - CHORDELEG	1	INFORMACION

TOTAL=	<b>3,00</b>	<b>u</b>
--------	-------------	----------

### Delineadores direccionales

ABSCISA (m)	ANTIDAD		TOTAL	
	(unidades)		(u)	
1+000,00	5		5	CURVA
1+450,00	5		5	CURVA
2+370,00	4		4	CURVA
2+600,00	5		5	CURVA
3+500,00	8		8	CURVA
TOTAL=			<b>27,00</b>	<b>u</b>



## 7.2 PRESUPUESTO

### UNIVERSIDAD DE CUENCA

#### DISEÑO DE LA VIA PERIURBANA LAS CUADRAS - CAPILLAPAMBA, PARA EL CANTON CHORDELEG

**Elaboro:** CASTILLO / MONTENEGRO  
**Ubicación:** Cantón Chordeleg, provincia del Azuay  
**Fecha:** 30/10/2017

PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
001		ACTIVIDADES PRELIMINARES				4.863,27
1.001	502010	Desbroce, Desbosque y Limpieza	Ha	5,51	713,78	3.930,79
1.002	501009	Replanteo y nivelacion	Km	4,02	231,96	932,48
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				2.967.677,16
2.001	503038	Excavacion mecanica en suelo sin clasificar	m3	240.089,65	3,24	777.890,47
2.002	503025	Excavacion mecanica en suelo conglomerado	m3	28.245,84	5,68	160.436,37
2.003	503039	Excavacion en roca	m3	14.122,92	10,49	148.149,43
2.004	506003	Cargado de material con cargadora	m3	300.112,06	1,90	570.212,91
2.005	506022	Transporte de material hasta 6 km.	m3	300.112,06	2,11	633.236,45
2.006	506023	Transporte de material mas de 6 km. (sobrecarreo)	m3-km	56,00	0,24	13,44
2.007	505029	Terraplenado con material de prestamo (zonas de relleno)	m3	42.368,76	10,91	462.243,17
2.008	505032	Terraplenado con material de sitio (zonas de relleno)	m3	52.350,92	3,78	197.886,48
2.009	504031	Acabado de la obra básica existente	m2	24.121,15	0,73	17.608,44



3		CUNETAS Y BORDILLOS				165.407,13
3.001	503041	Excavación para cunetas, canales y encauzamientos	m3	1.045,25	14,10	14.738,03
3.002	504026	Relleno con material de préstamo local (para estructuras).	m3	723,63	7,20	5.210,14
3.003	512050	Hormigon Simple f'c=180 Kg/cm2	m3	828,16	137,68	114.021,07
3.004	533049	Encofrados para cunetas con bordillos	m1	8.040,38	3,91	31.437,89
4		MUROS				52.948,98
4.001	503042	Excavacion y Relleno para estructuras y obras de arte	m3	937,18	14,04	13.158,01
4.002	507050	Hormigon ciclopeo (40% piedra y 60% hormigon de cemento portland clase c, f'c=180Kg/cm2).	m3	1,00	124,13	124,13
4.003	512025	Hormigon Simple f'c=210 Kg/cm2	m3	212,33	141,88	30.125,38
4.004	533014	Encofrado muro de contencion	m2	548,36	17,40	9.541,46
5		DRENAJE				96.206,42
5.001	503042	Excavacion y Relleno para estructuras y obras de arte	m3	1.505,97	14,04	21.143,82
5.002	509098	Tubería de Acero Corrugado Ø = 1.20 m. Cal. 2.5 mm	m1	259,00	240,82	62.372,38
5.003	509100	Tubería de Acero Corrugado Ø = 1.60 m. Cal. 2.5 mm	m1	16,80	328,07	5.511,58
5.004	509101	Tubería de Acero Corrugado Ø = 2.00 m. Cal. 2.5 mm	m1	16,80	427,30	7.178,64
6		ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1.402.670,13
6.001	504030	Relleno con material petreo emporado con mejoramiento	m3	411,00	20,05	8.240,55
6.002	505016	Sub-Base Clase 3	m3	11.015,32	23,90	263.266,15
6.003	505031	Base de Agregados Clase 1 tipo "A ó B"	m3	11.015,32	36,64	403.601,32
6.004	511004	Imprimacion asfaltica con barrido mecanico	m2	55.076,62	0,78	42.959,76
6.005	511005	Carpeta asfaltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta	m2	55.076,62	12,43	684.602,35





7		SEGURIDAD VIAL				60.196,98
7.001	535031	Guardavía doble, tipo viga metálica	m	386,00	137,17	52.947,62
7.002	535032	Marcas permanentes del pavimento (pintura sobre la calzada)	km	2,16	671,38	1.450,18
7.003	535033	Señales al lado de la carretera	u	26,00	82,07	2.133,82
7.004	535035	Letreros de advertencia	u	13,00	99,35	1.291,55
7.005	535036	Letreros de Información	u	3,00	192,95	578,85
7.006	535034	Delineadores direccionales	u	27,00	66,48	1.794,96
<b>SUBTOTAL</b>						4.749.970,07
<b>IVA</b>						12% 569.996,41
<b>TOTAL</b>						<b>5.319.966,48</b>
Son: CINCO MILLONES TRESCIENTOS DIECINUEVE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y SEIS CON 48/100 DÓLARES						

## 8. CONCLUSIONES

El presente estudio "DISEÑO DE LA VIA PERIURBANA LAS CUADRAS - CAPILLAPAMBA, PARA EL CANTON CHORDELEG" brinda una solución para una obra necesaria en el Cantón Chordeleg, por cuanto permitirá el paso directo del tráfico hacia los cantones al sur de provincia y hacia el sector oriental en este caso la provincia de Morona Santiago, lo cual beneficia a los habitantes del cantón, además permitirá ampliar la zona urbana lo que impulsará el sector de la construcción de viviendas y por tanto incrementará las fuentes de trabajo.

En cuanto al análisis del ingreso existente hacia el cantón Chorledeg, se realizó un levantamiento topográfico para obtener así, los datos del trazado geométrico necesarios para ser comparados con la normativa, viendo que estos incumplen la misma, y por tanto, no es seguro para el normal tránsito de vehículos y personas.

En cuanto al diseño geométrico, se trató de seguir las vías existentes en lo posible y donde no se pudo, se realizó un nuevo trazo siempre tratando en lo posible de respetar las construcciones existentes y en coordinación con los técnicos del Gad Chordeleg, para lo cual se siguió los lineamientos y recomendaciones de la normativa NEVI-2012 y MTOP 2003.

El estudio de tránsito se lo realizó durante ocho días consecutivos las veinticuatro horas del día razón por la cual no fue necesaria la obtención de los factores de expansión de tráfico, además, una vez procesado los datos y luego de consultar bibliografía se llegó a la conclusión de que todo el tráfico que pasa por la actual vía de ingreso pasa a ser tráfico atraído de la vía en estudio.

En cuanto al diseño de drenaje como son cunetas y alcantarillas, se trató en lo posible de desfogar hacia cauces naturales como son quebradas y ríos, obteniendo diámetros que garanticen el desfogue adecuado de caudales de tormenta, es así que se obtuvieron diámetros mayores a 1.2 m.

Para los cálculos hidrológicos se siguieron los lineamientos de la normativa NEVI y los datos utilizados fueron los recomendados por el INHAMI.

En vista de que dentro de los objetivos de la presente tesis no constan el estudio de obras de arte mayor, por tanto únicamente se deja la información necesaria de ubicación, cotas y longitud para un futuro estudio estructural del puente.

Por los cortes que se deben hacer en uno de los taludes, se realizaron cálculos para obtener el factor de seguridad de los mismos, dando como resultados los ángulos de inclinación que se deben dar al momento de cortar o peinar el talud, para ello se contó con el respectivo estudio geotécnico y de suelos, los cálculos se los realizó por dos metodologías que son de taludes infinitos y por el método de morguenstern Price, este último con la utilización del software GeoStudio 2012.



El primer método del Instituto de asfalto tenemos como resultados una capa de hormigón asfáltico de 10 cm de espesor y una capa de base estabilizada con emulsión de 25 cm de espesor, la alternativa más conveniente económicamente es la obtenida a través del método de la AASHTO.

Con respecto al diseño de pavimentos, se plantea una estructura de pavimento flexible por su menor costo frente al pavimento rígido, se diseña mediante el método de la AASHTO por el que se obtiene una capa de rodadura de 7.6 cm de concreto asfáltico, 32 cm de capa de base granular y 35 cm de capa de sub base granular, el cual se prevé colocar 5 cm de capa asfáltica hasta los diez primeros años.

Para elaborar el presupuesto, se realizó primero un estudio de mercado de los materiales y su disponibilidad en las minas alrededor de la zona del proyecto, luego las valoraciones de las cantidades de obra se confeccionaron los precios unitarios, presupuestos, cronogramas y fórmula polinómica con la ayuda del software INTERPRO 2010.

Cada rubro consta de su especificación técnica a seguir para la correcta ejecución de los trabajos.



## 9. RECOMENDACIONES

Para trazo vial utilizado en el diseño geométrico, previamente se evaluaron varias alternativas como se muestra en el documento, se escogió una de ellas y se presentó a los técnicos del Gad Municipal la cual fue aprobada.

Debido al alcance de los presentes estudios, no se realizaron los diseños estructurales de puentes por lo que es responsabilidad del Gad su realización de acuerdo a los alineamientos y cotas viales establecidas.

De igual manera, el estudio ambiental se lo debe realizar por parte del Gad Municipal, ya que en el alcance de la presente tesis no está ese tema, sin embargo, y por su importancia debe ser tratado minuciosamente al momento de su implementación ya que el trazo vial pasa por terrenos y sembríos agrícolas, lo cual es un tema muy sensible que debe ser solventado.

Se presenta un diseño geométrico que incluye una ciclo vía, que fue siempre una petición del Gad Municipal de Chordeleg, cabe mencionar al respecto que no se presenta otro estudio de ciclo vía por lo que el Gad debe realizarlos en un futuro.

Implementar normativa y ordenanzas por parte del gad, en cuanto a las vías de acceso hacia el centro urbano, adecuando accesos desde la nueva vía hacia los ramales internos para direccionar así el tráfico local, permitiendo al tráfico pesado y tráfico de otros cantones el uso de la nueva vía.

Es necesario la coordinación con otras entidades del estado (MTO), para de esta manera realizar un intercambio de conocimientos y así ampliar las capacidades del Gad de Chordeleg para la planificación, financiación, ejecución y mantenimiento de los proyectos.

Incluir a la comunidad en la planificación de proyectos, dando charlas y socializaciones los cuales pueden ser beneficiosos a futuro ya que el aporte de la gente es muy importante.

Instruir a la comunidad en cuanto a educación vial se refiere y a los riesgos que implica la utilización de vías de este tipo, así se pueden prevenir accidentes y desmanes en el futuro.



## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1988). *American Association of State Highway and Transportation Officials, & National Cooperative Highway Research Program*. Washington, D.C.: AASHTO guide for design of pavement structures.
- AASHTO. (2001). American Asociation of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C., E.E.U.U.: AASHTO.
- Benítez, R., & Medina, A. (2000). *Diseño geometrico de carreteras*. Habana, Cuba: Habana.
- Cordo, O. V. ( 1998). Curso de actualización de diseño estructural de caminos método AASHTO 93 . Universidad de San Jua.
- Das, B. M. (1994). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. *Estabilidad de Taludes*. Iowa, E.E.U.U.: ITP.
- Fonseca, M. (1998). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Santafé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- INHAMI. (1999). INSTITUTO NACIONAL DE HIDROLOGIA Y METEREOLOGIA. QUITO , PICHINCHA , ECUADOR : INHAMI .
- Louis Berger International . (2003). Normas de diseño geometrico . Quito, Pichincha, Ecuador : MTOP.
- MTOP. (2012). NORMA ECUATORIANA VIAL. *Procedimientos de operación y seguridad vial*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normas .
- MTOP. (2013). Quito, Pichincha, Ecuador: MTOP.
- NEVI. (2012). Normativa Ecuatoriana Vial. 132. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto de Normalizacion Ecuatoriano.
- SUELOTEC. (2018). *ESTUDIOS GEOTECNICOS SECTOR CHORDELEG* .



Universidad de Cuenca

*CORPECUADOR*. Corporación Ejecutiva para la reconstrucción de las zonas afectadas por el fenómeno de El Niño. (1998). *Normas Internas de CORPECUADOR*.



## ANEXOS

Universidad de Cuenca